NTTの10年
1985→1995

サービス・技術編

NTTの10年
1985→1995

サービス・技術編

NTTの経営を支えるサービス・技術

10年を経過、新たな事業展開を目指して、NTTの自己革新は第2ステージへ

経営の４本柱
経営の効率化
- 経済的なディジタルネットワークの構築
- リエンジニアリング
- 戦略的情報システム（SIS）の構築
- R&Dの再編

経営の４本柱
収益を上げる新サービスの提供
- 新ネットワーク系サービスの充実・拡大
- 新端末・システム系サービスの充実・拡大
- 企業通信システム（オーダメイド型システム）の販売・構築・保守・運用

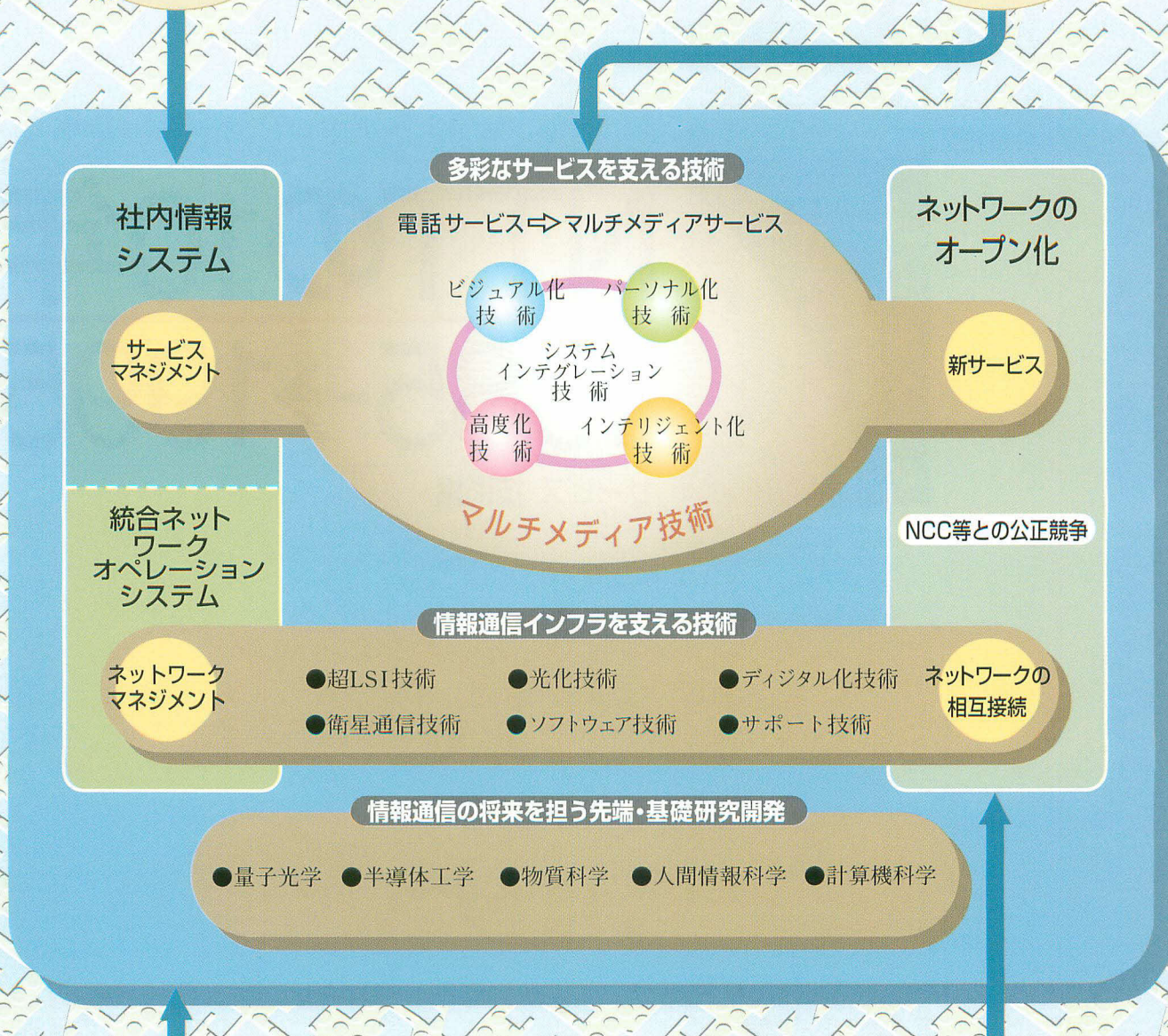
社内情報システム
- サービスマネジメント

統合ネットワークオペレーションシステム
- ネットワークマネジメント

多彩なサービスを支える技術
電話サービス⇨マルチメディアサービス
ビジュアル化技術
パーソナル化技術
システムインテグレーション技術
高度化技術
インテリジェント化技術
マルチメディア技術

ネットワークのオープン化
- 新サービス
- NCC等との公正競争
- ネットワークの相互接続

情報通信インフラを支える技術
- 超LSI技術
- 光化技術
- ディジタル化技術
- 衛星通信技術
- ソフトウェア技術
- サポート技術

情報通信の将来を担う先端・基礎研究開発
- 量子光学
- 半導体工学
- 物質科学
- 人間情報科学
- 計算機科学

経営の４本柱
社会貢献
- 国際・国内標準化活動
- 世界をリードできるR&Dの推進
- R&D成果の開示
- 共同研究・開発の推進

経営の４本柱
公正競争
- オールID化
- エンド・エンド料金制度導入
- 事業者間接続料金制度導入
- 事業部制の徹底
- 市内網の開放（今後）

時代への対応、未来との会話

電電公社から新しいコミュニケーションカンパニーへと生まれ変わって10年。その間、世界は経済・社会・文化のボーダレス化を始めとして、地球規模での大きな変革が相次ぎました。

NTTの研究開発は、欧米へのキャッチアップの時代(1970年代)、欧米に肩を並べた時代(1980年代)は過ぎ去り、1990年代は、道なき道を行くフロンティア開拓型R&Dの時代に入っています。「超LSI化」「光化」「ディジタル化」「パーソナル化」などの技術トレンドがさらに加速度的に進展してきました。

より豊かな生活、ビジネスの活性化、といった社会環境の整備につながる「新サービス」、新サービス実現のための「新技術」、企業にとっての技術革新の母体となる「経営」、そのあらゆる面で自己変革に次ぐ変革を重ね、多くの時代的要請にこたえていくことが、これからのNTTに課せられた使命です。

マルチメディア社会を先導して

かつて、会話だけが目的だった通信網は、急速な技術革新と、高度化・多様化したニーズへの対応により、音声・テキスト・映像などあらゆる情報を統合的に扱うサービス総合ディジタル網(ISDN)へと変貌しつつあります。

NTTは、メディアの種類を意識せずに情報を伝達できるディジタル技術が、マルチメディア通信の根幹であることをいち早く認識し、この実現に向けて邁進してきています。

1990年(平成2年)には21世紀を展望し、グローバルな高度情報通信社会の実現を目指すため『VI&P(Visual, Intelligent and Personal communications services)構想』(1990年〈平成2年〉)を提唱しました。以来、その実現のための技術試験・評価を目的とした「VI&P総合実験」(1991年〈平成3年〉)、マルチメディアが世の中に与えるインパクトを明示するとともにVI&P構想をより具体的にした『マルチメディア時代に向けてのNTTの基本構想』(1994年〈平成6年〉)と『マルチメディアへの取り組み』(1995年〈平成7年〉)を発表し、これらに基づく将来のマルチメディア時代の新たな利用方法、利用技術(アプリケーション)の創造と開発を目的とした『マルチメディア通信の共同利用実験』をスタートさせました。NTTは、マルチメディア社会の形成を先導するとともに、その実現へ向けて着実に歩み続けています。

ディジタル化と分散処理化を軸とする近年のネットワーク技術の革新は目覚ましいものがあります。なかでも、光化、超LSI、ソフトウェアの技術は、飛躍的な進展をみせ、新しい情報通信インフラストラクチャの整備と、情報通信の将来を担う先端技術の研究開発を加速しています。たとえば、光ファイバ通信技術は、この15年間で情報伝送能力を100倍に高め、市外料金は、公正競争の進展とも相まって最高時の4分の1にまで下がりました。ネットワークの通信方式をアナログからディジタルに切り替える大事業も、1997年(平成9年)度中には完了の予定です。さらに、衛星通信、無線アクセス技術の進歩により、多数の低軌道衛星を利用して全世界をくまなくカバーする、地球的規模の移動通信サービスさえも、いまや実現に向けて具体的に動き始めています。

情報通信フロンティアを垣間みる

NTTは、経済・社会そして地球環境と調和のとれた情報通信の発展、およびそのよりよい利用方法、利用技術の開発と普及を目指しています。究極の目標は、実際に会って話をしているのと同じくらい実生活に溶け込んだコミュニケーション文化を、通信ネットワークを介して創造することです。"聞く""見る""感じる"、さらに、表情豊かなメッセージを「発信し、受信する」ことのできる「インタラクティブ・コミュニケーション」を、さまざまなサービスに乗せてお届けしていきたいと考えています。

社会のパラダイムを大きく変えるような技術革新が続く現代。時代の新しい風を受けて、急速な変貌を遂げていく情報通信の世界。人々が必要な時に必要な量の情報をコミュニケートする情報通信の力は、世界の経済・社会・文化の幅広い分野において、垣根を取り払い、新しい国際社会の構築を可能にするものです。情報通信産業も、独占から競争の時代へと解き放たれ、より自由な飛躍が可能となっています。

公正競争の促進。グローバル化への対応。マルチメディアサービス基盤の確立。より低廉で魅力あるサービスを、タイムリーに提供するための研究開発力の維持・強化への取り組みなど、この『サービス・技術編』ではNTTにおけるこの10年の大きな流れ、すなわちこれまで歩んできた道と、これから歩むべき方向性を、"お客さまから見えるサービス"という切り口で、「ビジュアル化」「インテリジェント化」といった時代のキーワードに沿って、可能な限り分かりやすい形で記述しました。

この10年のサービス・技術の大きな流れ

1990年（平成2年）　1995年（平成7年）

バブル崩壊と景気低迷　低成長時代

パーソナル化・カスタマイズ化

高度情報化・環境重視型・高齢化社会／第3次産業

フロンティア開拓型R&D

円高・産業の空洞化の進展＆グローバル化・ボーダレス化

リエンジニアリング

ココロの重視（豊かさ、ゆとり）・コモディティ志向（安くて、よいものを求める動き）

VI&P構想

VI&P総合実験

マルチメディア基本構想

共同利用実験

●オールID化　●オールSPC化

●電力および建築・ビル管理業務の子会社移管（NTTファシリティーズ）　●PHSサービスの開始（NTTパーソナル）

●移動体通信事業の分離（NTTドコモ）

ダイヤルQ2　テレゴング　テレドーム　メンバーズネット

テレワイズ　テレチョイス　テレホーダイ

INSネット1500

INS-P　フレームリレー　セルリレー

ひらがな電報（TXAS）　漢字電報（TXAS－Ⅱ）

SI技術

高速ディジタル回線（Iインタフェースサポート）　超高速ディジタル回線（50Mbit/s、150Mbit/s）

マルチメディアTDM　ATMマルチメディアシステム（BA-3000）

マルチベンダサポートLAN（BL-3000）

マルチメディア通信会議システム（PMTC等）　協調作業支援環境システム（COGENT）

スーパーキャプテン（VRS）　ビデオ・オン・デマンド（VOD）　マルチメディア・オン・デマンド（MOD）

ソフトファクシミリ（MITEDAS）　カラーファクシミリ

Fネット（センタ・エンド通信）

SHD画像ステーション　超高精彩大画面表示システム

仮想空間参加型サービス（インタスペース）　ビデオリアリティ（電視水族館）

レンチキュラ型立体映像表示　ホログラフィ立体映像

手書き文字認識　ノイズに強い文字認識

電子印鑑（ESIGN）　指紋認識　話者認識

高速大容量光記憶システム（光MSS）　最良優先探索アルゴリズム　学習型コンピュータ（ニューラルネット）

1985年（昭和60年）

パーソナル化	コードレスホン	アナログコードレスホン　秘話機能付コードレスホン
	ポケットベル 自動車電話 携帯電話	ポケットベル　自動車電話　ショルダーホン　携帯電話
	公衆電話	カード公衆電話　ディジタル公衆電話
マルチメディア化	マルチメディア技術	ビジュアル化　インテリジェント化　パーソナル化

情報通信インフラを支える技術トレンド

超　化	超LSI設計・製造技術	SIMOX基板技術　SORリソグラフィシステム
	高性能デバイス	0.5 μmBiCMOS-LSI
光　化	光ファイバ技術	VAD光ファイバ高速製造技術　1,000心高密度光ファイバケーブル
	光素子技術	DFBレーザ／波長可変レーザ　プレーナ光波回路（PLC）
	光ネットワーク技術	光ファイバ増幅器
ディジタル化	N-ISDN構築技術	ネットワーク系：ディジタル交換機（D60/D70）　高速光伝送方式（F-400M方式）　高速光伝送方式（F-1.6G方式）
		アクセス系：Iインタフェース加入者系モジュール（ISM）　光アクセスシステム（CT/RT）
		ダイナミックルーチング
	B-ISDN構築技術	ネットワーク系：ATMノードシステム　新同期高速光伝送方式（FTM-2.4G方式）
		アクセス系
サテライトネットワーク化	衛星通信技術	通信衛星（CS-2）　通信衛星（CS-3）　衛星共通迂回中継網方式（DYANET、DYANET-Ⅱ）
ソフトウェア化	マルチベンダ環境適合技術	マルチベンダ統合アーキテクチャ（MIA）
	ソフトウェア生産技術	ソフトウェア開発支援環境（統合CASE、SDE）
省エネルギー化	サポート技術	通信土木：非開削工法（エースモール）
		インテリジェントビル：NTT-BAS（ビルディングオートメーションシステム）
		省エネルギー：分散給電システム

情報通信の将来を担う先端・基礎研究開発トレンド

フロンティア化	先端・基礎技術	量子光学　半導体工学　物質科学

1990年（平成2年） 1995年（平成7年）

ディジタルコードレスホン
簡易型携帯電話（PHS） 追跡電話サービス（実験）
携帯電話（mova） ディジタル携帯電話

NTTカードC NTTカードC・プラス

● ● ●

マルチメディア化

●新たな利用方法・利用技術の開発
・マルチメディア通信の共同利用実験
●国内外の企業との提携によるアプリケーションの開発
・CD-ROM鍵サービス（miTa KaTTa）
・エージェント通信サービス（Paseo）

自己整合構造製作技術（SST） LSI自動設計システム（PARTHENON）

1V動作A/D・D/A変換用LSI ニューロチップ Si単電子トランジスタ

全自動融着接続装置 光コネクタ

面型光スイッチ素子（EARS） ホログラム型光スイッチ

光ソリトン／光波長多重伝送（実験） 光交換（将来）

ディジタル交換機（改良D60／改良D70）

新同期高速光伝送方式（FTM-600M方式） 新同期高速無線伝送方式（4、5、6G-300M方式〈256QAM〉）

自動MDF 加入者系半固定パス接続装置（LXM）

通信EMC（通信機器の環境両立性）

ATMリンクシステム ATMコネクションレスモジュール（試作）

新同期高速光伝送方式（FTM-10G方式：実験） 新同期高速光伝送方式（FTM-100G方式：実験）

光アクセスシステム（PDS）

ポータブル衛星通信地球局 通信衛星（N-STAR）

情報通信用共通OSインタフェース（CTRON） リアルタイム処理用共通OSインタフェース（IROS）

ソフトウェア生産ツール（VGUIDE）

地下埋設物探知装置（エスパー） 光ファイバジャイロ計測

耐震構造（制振装置等） 総合ビル管理システム コンピュータ用3次元免震床

コージェネレーションシステム 燃料電池トータルエネルギーシステム

人間情報科学 計算機科学

これらの分野における
主な研究成果

自然放出制御ダイオード
新結晶材料（ホログラフィ）
小さな磁石
シリコン原子のラセン階段
3次元物体認識
重力レンズ
脳磁界計測
バイオコンピュータ

NTTの10年
1985→1995
サービス・技術編

CONTENTS

光化――光が拓く通信の新ステージ

ディジタル化――マルチメディア社会を支えるコア技術

サテライトネットワーク化――衛星による通信サービスの新たな展開

ソフトウェア化――マルチベンダ環境をトータルに支援

省エネルギー化――地球環境保護を視野に入れた高度なサポート技術

フロンティア化——未知の分野へ果敢にチャレンジ

効率化——戦略基盤に変身した社内情報システム

オープン化——市場の活性化と、より低廉で魅力あるサービスの提供を目指して

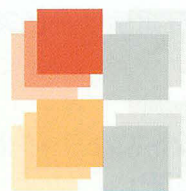
グローバル化——技術を通じた社会貢献で世界をリード

COLUMN

インテリジェントネットワークを支えるNSP(網サービス制御局)

お客さまのニーズの多様化・高度化にこたえる多彩なサービス

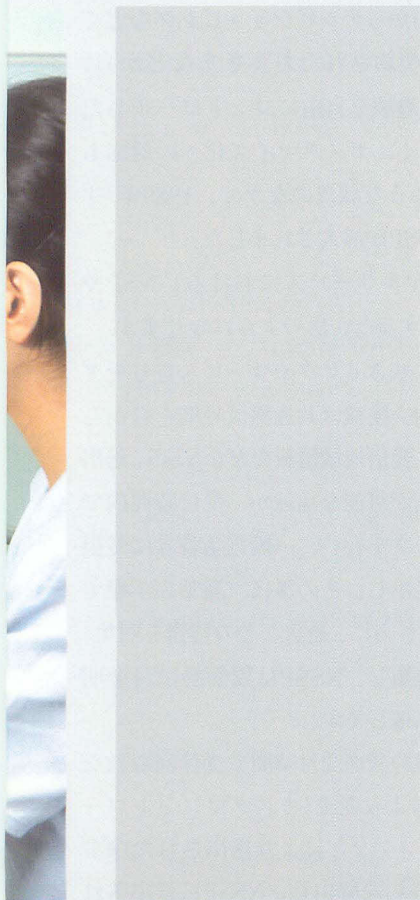
ISDN回線を利用し遠隔セキュリティに威力を発揮する「スコープポートD64」

高付加価値化

ネットワークをフルに生かした高度サービス

成熟した消費社会は、通信サービスの高付加価値化を求めています。ネットワークのインテリジェント化は、通信の高信頼化と効率化ばかりでなく、多様な高付加価値サービスを実現するための取り組みでもあります。

NTTの新しい電話サービスの先陣を切ったフリーダイヤルやダイヤルQ²は、NSPやNSSPによるインテリジェントネットワークの構築によって初めて可能になりました。そのベースの上に、現在ではメンバーズネットやPHS接続など、より多彩な新サービスを次々に開発・提供しています。

料金割引サービスも、高付加価値化の重要な要素です。交換機のSPC化、ソフトウェアによる柔軟な課金処理の実現により、テレジョーズやテレワイズなどの豊富なメニューの提供を可能としました。データ通信サービスであるパケット通信サービスやサービス総合ディジタル網(ISDN)によるINSネット64、INSネット1500のサービスも、高機能と低料金が世の中に認知されて本格的な普及期に入ってきています。

ネットワーク利用の可能性を広げるNTTの、より便利で使い勝手のよい多種多様な通信サービスは、いまやすべてのユーザに開かれたものとなっています。

高機能化、多様化する電話網

ネットワークのインテリジェント化がもたらす多彩な高度電話サービス

インテリジェントネットワーク化の立役者「NSP」と「NSSP」

電気通信に対するお客さまのニーズは、より多彩で便利なサービスを、より経済的に、より高品質で利用したいということに要約できます。従来の音声伝送が主体であった電話サービスも、この10年、ディジタル化と歩調を合わせてインテリジェントネットワーク化が進み、さまざまな新しい高付加価値サービスが開発され、提供されてきました。

NTTにおけるインテリジェントネットワークへの取り組みは、1985年(昭和60年)前後より本格化しました。ネットワークのインテリジェント化のポイントは、市内交換機から高度サービス機能を分離し、サービスを実行する階層(伝達レイヤ)と、サービスを管理し、制御などをする階層(高機能レイヤ)の2階層でネットワークを構成することでした。

そのため、電子交換機の蓄積制御機能を利用し、通信回線とは異なる独立した専用の回線(共通線)を敷設しました。そして、回線の接続制御、サービス情報の転送のために必要となる信号を送受する共通線信号方式を市内交換機に適用し、高度サービス機能を市内交換機の外にもたせました。続いて、高機能レイヤのノード(*1)として「網サービス制御局(NSP：Network Service control Point)」と「網サービス統括局(NSSP：Network Service Support Point)」、伝達レイヤのノードとしてSAP(Service Access Point)を導入しました。NSPは、通話ごとの制御を行う機能、NSSPは、契約内容や制御スケジュールなどのお客さま情報をデータベースとして保持、管理する機能、SAPは、NSPの制御の下にサービスを実行する機能を果たすものと考えることができます。

＊1 ノード：通信の拠点で、変換などの機能をもつポイントをいう。

■インテリジェントネットワークの構成

フリーダイヤルから始まる

日本におけるNSP、NSSPなどによるインテリジェントネットワークを利用したサービスの第1弾は「フリーダイヤル」です。1985年(昭和60年)12月に、東京、名古屋、大阪でサービスを開始し、1987年(昭和62年)7月には全国に拡大しました。

テレマーケティングによる電話ビジネスの領域の拡大に寄与したこのサービスは、1台のNSPでは処理能力に限界がみえ、NSPの複数化、機能分散化とともに、複数のNSPを制御するノードが必要となりました。また、当初からテレビショッピングなどでフリーダイヤルを契約されたお客さまなどから、“受け付ける時間や地域を自由にコントロールしたい”という要望が多く、カスタマイズ化への対応も必要でした。このような状況のなかで、1989年(平成元年)10月に、NSSPが導入されました。

このフリーダイヤルサービスにおける、NSPやNSSPの機能を説明すると、次のようになります。

発信者が「0120」に続き6ケタのサービス番号をダイヤルすると、市内交換機は共通線信号網を経由して、サービス番号、発信地域情報などをNSPに送出します。NSPは発信が可能な地域か、受付時間内であるかなどのチェックを行い、一般電話番号に変換して市内交換機へ送出し、その後は、通常の手順で電話を接続します。さらに、通話ごとの情報を収集、蓄積し、NSSPに通知し、NSSPは周期的に料金明細内訳システムへ転送します。

フリーダイヤル契約者が受付時間や受付回線数などをパソコンなどにより変更(カスタマコントロール)する場合、パソコンなどにより送出された命令は、パケット網(DDX)を経由し、NSSPに送出され

ます。NSSPは、指定された時間にNSPへ制御情報を送出し、受付の停止や開始、また、受付回線数の増減を行います。

以上のように、NSPでは番号を変換する機能に加え、通話料を着信側に負担させたり、通話ごとに接続するかどうかをチェックするといった役割を果たしています。

また、NSSPでは、通話ごとの情報の蓄積に加え、契約者が指定した制御情報をスケジュール管理して、NSPへ伝達する役割を果たしています。

多彩なネットワークサービスでの応用

NSPやNSSPを利用したサービスは、フリーダイヤル以降、「ダイヤルQ²」(1989年〈平成元年〉7月)、「テレゴング」「テレドーム」(いずれも1993年〈平成5年〉11月)、「メンバーズネット」(1994年〈平成6年〉2月)、「簡易型携帯電話(PHS：Personal Handy phone System)」(1995年〈平成7年〉7月)など数多く提供されています。

これらのサービスごとに、NSPが果たす役割は異なります。

■NSP、NSSPの働き

GC: Group unit Center、ディジタル網における局階位の1つ、各種サービス提供エリアの基本単位

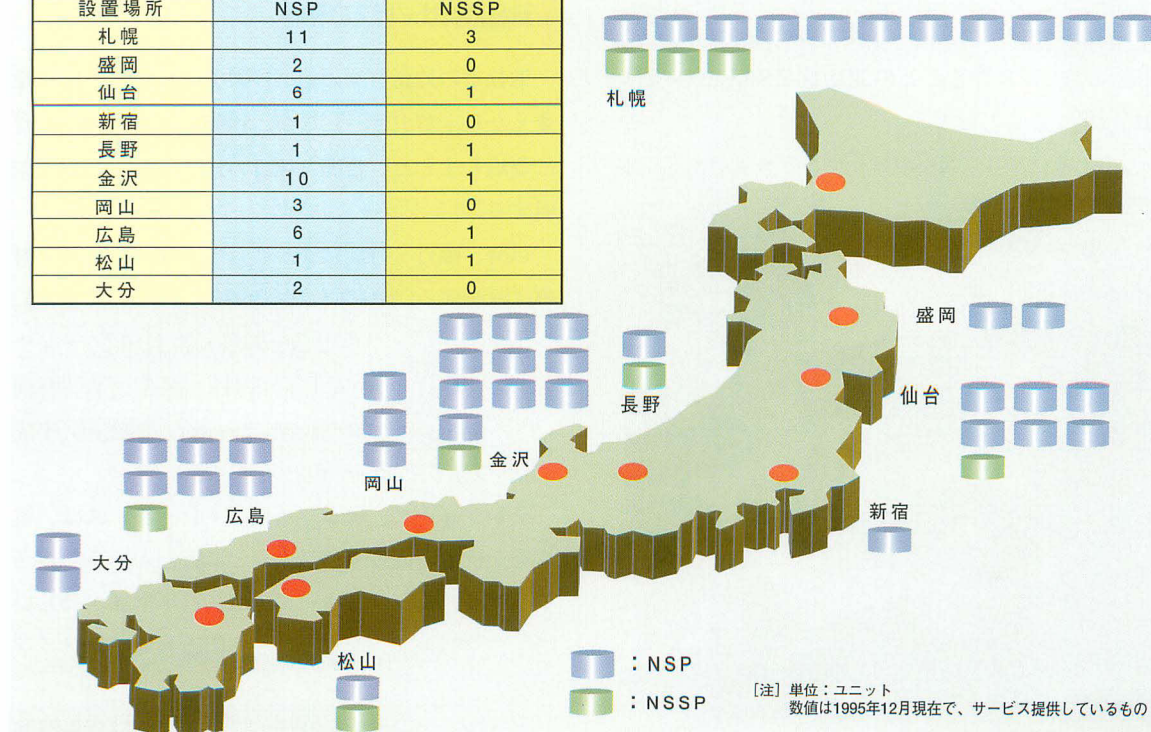
ダイヤルQ²では、情報料と通話料について課金する秒数を通話ごとに計算し、市内交換機へ送出しています。メンバーズネットでは、本社・支店など全国にある電話回線をグループ化し、内線番号で通話ができるよう多彩な番号変換処理を行います。

テレゴングとテレドームは、ほかのサービスとは処理内容が異なります。通話ごとの番号変換処理をNSPでは行わず、番号情報をNSSPからNSPを経由して事前にSAPへダウンロードさせ、SAPにこの機能をもたせています。これは、これらのサービスは一時的に大量の通話が発生する特性があるため、

■NSP、NSSPの設置状況

設置場所	NSP	NSSP
札幌	11	3
盛岡	2	0
仙台	6	1
新宿	1	0
長野	1	1
金沢	10	1
岡山	3	0
広島	6	1
松山	1	1
大分	2	0

札幌 盛岡 仙台 新宿 長野 金沢 岡山 広島 大分 松山

：NSP
：NSSP

［注］単位：ユニット
数値は1995年12月現在で、サービス提供しているもの

■主なネットワークサービスとNSP、NSSPの開発経緯

年度	1985	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96
高度電話サービスの流れ	創成期			高度電話サービスの本格始動			新サービス続出期			機能拡充期		

主なサービス

サービス	内容
フリーダイヤル	着信課金 85.12サービス開始 / 広域代表受付先変更 87.7サービス開始 / 分配接続 90.2サービス開始 / ディジタルフリー 93.2サービス開始
ダイヤルQ²	α課金 89.7サービス開始 / 情報料・通信料分計 90.12サービス開始
広域電報	フリーダイヤル方式適用 91.3サービス開始
GSS	番号変換接続制限 92.10サービス開始
マスコーリング	大量情報提供(テレドーム)・電話投票(テレゴング) 93.11サービス開始
PHS	位置登録 95.7サービス開始
クレジット	(手動クレジット提供 81.7サービス開始) 自動クレジット提供 86.8サービス開始 / カードC提供 90.4サービス開始 / セキュリティTS-CR移行機能 94.6サービス開始
MICS	番号変換 94.9サービス開始
メンバーズネット	オンネット・オフネット 94.2サービス開始

NSSP開発動向
●NSSP導入(DIPS) ●マルチサービスプログラム適用 ●NSP2重化対応 ●端末のWS化 ●処理能力向上

NSP開発動向
ファイル統合化開始 … 完了
●フリーダイヤル東名阪でサービス開始(D10交換機ベース) ●フリーダイヤル全国拡大(D60交換機ベース) ●TCS-V2導入 ●NSP2重化 ●処理能力向上 ●加入者容量拡大 ●改良NSP開発 ●NSP2重化地域分割対応

TCS-V2(Traffic Congestion Control System Version 2):トラヒック制御システムVer2。トラヒック制御システム(TCS)は、特定の地域、またはお客さまへの着信輻輳を制御し、これにより輻輳の鎮静化を図り、通話の疎通を確保する
TS-CR(TS-Credit):クレジット通話交換局。NSPへの移行以前、クレジット通話の接続制御を行っていた交換局
GSS:グループセキュリティサービス
MICS:クレジット通話、Fネット装置

共通線信号網の処理能力などを考慮し、NSPへの通話ごとのアクセスを回避するためです。ここでのNSPが果たす役割は、NSSPからのサービスの開始・停止の指示をSAPに伝達すること、および周期的にサービス番号ごとの通話数をSAPから能動的に収集することです。

このようにNSP、NSSPは、プログラムの変更で、容易に多彩なネットワークサービスの提供を可能としました。

NSSPは、お客さま情報をデータベースとして保持し、管理する

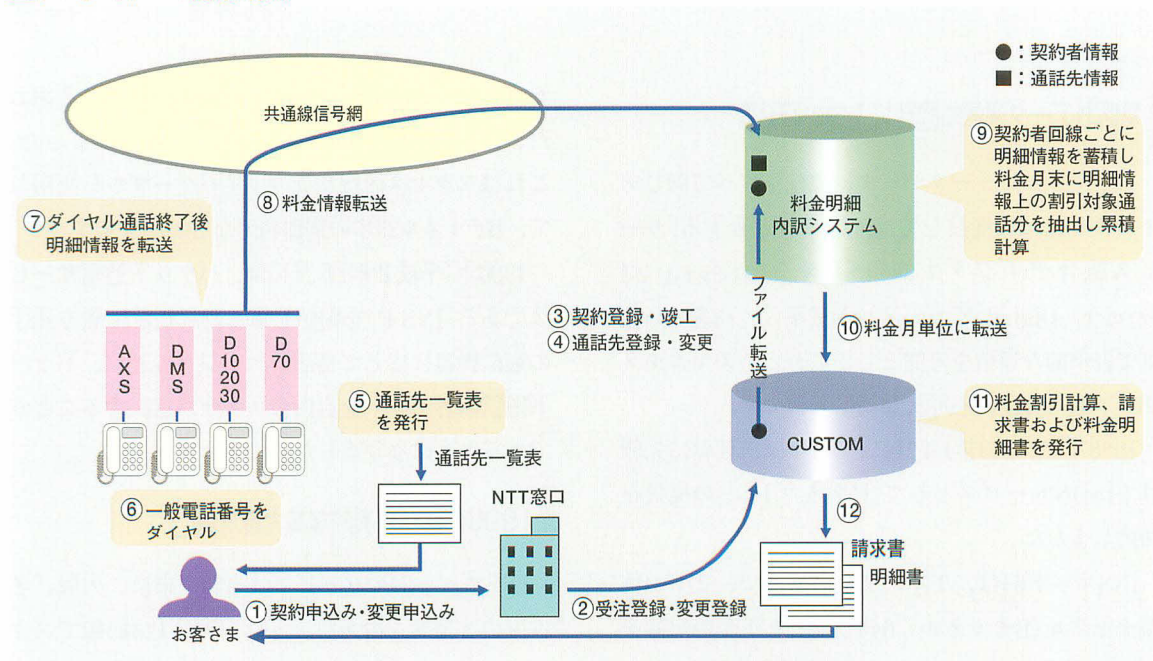
料金割引サービスの登場

他社との通話料金の値下げ競争のなかで、視点を変えた料金割引サービスが、1992年(平成4年)4月に登場しました。夜間と休日の通話を対象として割引する「テレジョーズ」です。

以降、曜日・時間にかかわらず市外通話料金を対象に割引する「テレワイズ」(1993年〈平成5年〉11月)、特定の市外局番への通話を対象に割引する「テレチョイス」(1995年〈平成7年〉3月)、深夜・早朝時間帯の通話を定額にする「テレホーダイ」(1995年〈平成7年〉8月)と続々登場しました。

テレジョーズ、テレワイズ、テレチョイスは、電話をかける時間帯や通話先などに特徴があるお客さま向けに、またテレホーダイは、近年増加が著しいパソコン通信やインターネット関連利用層をメインターゲットとしたサービスです。

通話ごとの通話開始時刻、通話時間、通話先など

■テレチョイスの接続構成

の情報が、市内交換機から共通線信号網を経由し、料金明細システムへ送出されます。この通話ごとの情報を電話番号単位に集め、顧客サービス総合システム（CUSTOM：CUstomer Service TOtal systeM）に蓄積されているお客さまごとの割引サービス情報（契約情報）に基づき、割引の対象となる通話などを集計しています。

割引サービスも電話番号単位から事業所単位（複数回線）の割引へ進展していき、1994年（平成６年）７月には「テレワイズ・ワイド」が登場しました。

これは、"設定場所ごとに"割引グループの代表番号を設定し、電話番号単位の集計から割引グループ単位の集計にしたものです。

また、お客さま単位の割引サービスも登場しました。メンバーズネットの割引プラン（1994年〈平成６年〉２月）がこれに当たります。お客さま単位の電話番号データベースを利用し、収集した通話ごとの情報を使って処理を行っています。

これらのサービスは、料金明細内訳システムが基盤となっていますが、CUSTOM、集約料金システムなどがお客さまの事業所単位、あるいはお客さま個々の集計処理を補っています。

このように、通話ごとの情報が記録できる料金明細内訳システムが、さまざまな料金割引サービスを実現させています。

高機能ノードがもたらすメリット

NSP、NSSP、料金明細内訳システム、これらのキーポイントは市内交換機から高度サービス機能を分離したことです。

これによる効果は電話網の"高付加価値化"に限らず、以下の２点にも表れています。

まず、高度サービス機能を分離したことにより、市内交換機に与える負荷の軽減に役立っているということです。電子交換機の蓄積プログラム制御方式（SPC：Stored Program Control）を利用したプッシュ回線、キャッチホン、でんわばん、クレジット通話、転送でんわなどさまざまなサービスを提供し、市内交換機の処理ステップが増える傾向をみせるなかで、その負荷を必要最小限に抑える効果をもたらしています。

また、高度サービス機能を処理するノードを１ヵ所（少数個所）にすることにより、全国にある市内交換機の工事をする必要がなく、迅速にお客さまの要望（サービスオーダ）に対応できる効果をもたらしています。同時に、機能をバージョンアップする際にも効率よく容易に行えることから、経済的なサービスの提供にも結び付いています。

市内交換機のSPC化、ディジタル化が進展した今日、これらのノードは多彩なサービスを提供するためには不可欠なものとなっています。

世界に先駆けた総合ディジタル通信サービス

大企業から中小企業、パーソナルユース、本格的な普及期に入った「INSネットサービス」

電話もデータ通信も同時に1つの回線で

音声やコンピュータデータ、映像をすべて同じディジタル信号に変換して高速でやりとりする「サービス総合ディジタル網(ISDN：Integrated Services Digital Network)」の構築は、高速・高品質で経済的な通信を可能とし、これからのマルチメディア通信時代に不可欠な通信基盤です。

1988年(昭和63年)4月に、NTTは、世界に先駆けてISDNサービスとして「INSネット64」の提供を開始しました。

INSネット64は、1本の契約者回線で、2つの情報チャネル(Bチャネル：64kbit/s)と1つの信号チャネル(Dチャネル：16kbit/s)を提供し、たとえば、通話をしながらコンピュータデータを送るなど、同時に2チャネル通信を可能にしました。もちろん、電話とデータ通信とを別々の相手先へ行うこともできます。さらに、信号チャネルを利用して、発信者番号通知や料金情報通知、特定の通信機器に着信させるサブアドレス通知なども可能にしました。

INSネット64を開始した翌年の1989年(平成元年)6月には、23のBチャネルと1つのDチャネルを束ねた、「INSネット1500」のサービスも開始しました。これはアクセス回線に光ファイバケーブルを使用して、Bチャネル23本の個別利用などができます。

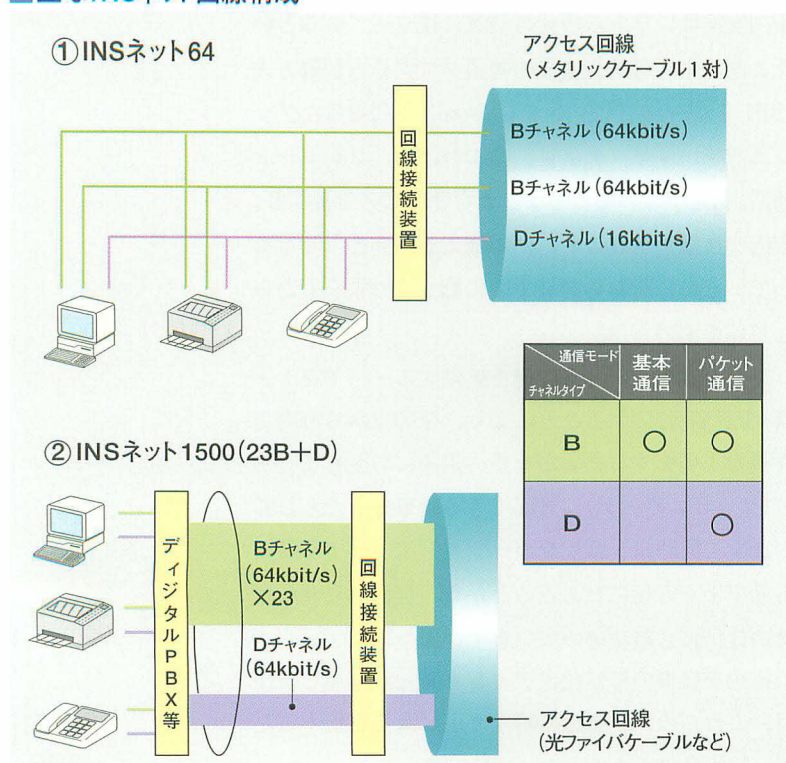
1990年(平成2年)6月には、パケット通信サービスである「INS-P」を開始しました。送る情報や相手の通信機器に応じて通話、ディジタル通信、パケット通信の各モードを自由にユーザが選択することができるようになりました。

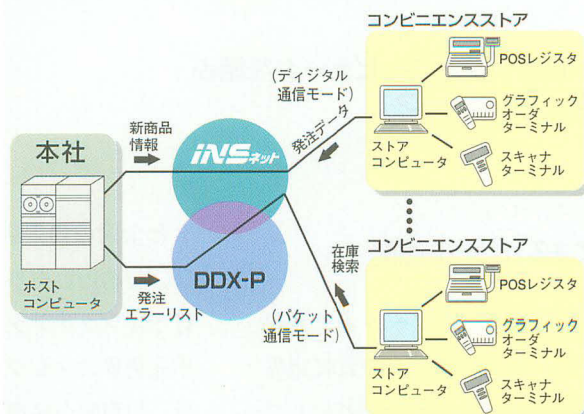
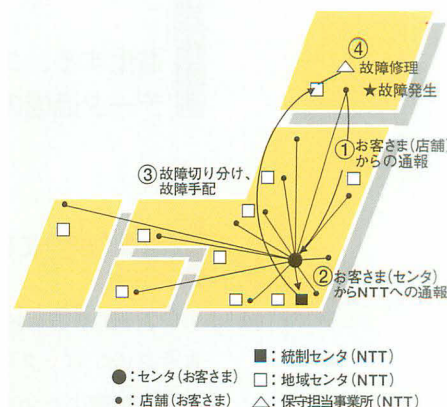
1990年代は驚異的な拡大普及期

INSネット64のサービスは当初、東京、大阪、名古屋の3地域を対象に、29ユーザ、114回線でスタートしました。しかし、提供エリアが限定されていたこと、電話機やファクシミリなどISDN対応の端末機がまだ高価であったこと、高速・大容量のISDN回線の潜在能力を十二分に発揮できるアプリケーションがまだ数少なかったこともあって、一気に普及するまでには至りませんでした。NTTは、FDトランスファー装置、7kHz(高品質音声)ミーティングシステム、ビジュアル伝言ダイヤルシステムなどを試作して展示するとともに、INSネット利用のアイディア集を作成して普及に努めました。

こうした取り組みに加えてIインタフェース加入者系モジュール(ISM：I-Interface Subscriber Module)、ISDN用のディジタル回線接続装置(DSU：Digital Service Unit)などの低廉化を図り、サービスエリアを順次拡大していきました。一方で通信ネットワークの高速・高品質化への社会的ニーズの高まりと相まって、1990年代に入ると、INSネ

■主なINSネット回線構成

ISDN対応の電話機ネットメイトD64

FDトランスファー(試作機)

■コンビニエンスストアのPOS伝送システム

■一元化したサービス運営体制

ットの需要も増大してきました。チェーンストアの各店舗とその本部のコンピュータを結ぶ「POS(Point Of Sales)システム」、道路やビル管理のための「遠隔モニタリングシステム」、企業内、グループ内といったあらかじめ登録された電話番号にだけ接続する「グループセキュリティサービス」の提供などで、「INSネット64」を中心とした利用が増えてきました。1990年(平成2年)から1991年(平成3年)にかけて契約回線数は約4倍に伸び、1994年(平成6年)9月にはついに30万回線を突破しました。

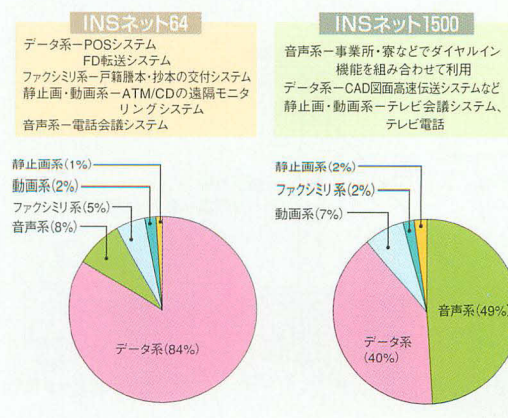
携帯・自動車電話でも、契約回線数が30万回線を超えるまで10年以上の年月を要しています。丸6年で30万回線突破というINSネットの普及速度は、驚異的です。このINSネット拡大期を支えたPOSシステムなどのセンタ・エンド型通信利用に対応して、NTTは故障受付やお客さま対応窓口を一本化し、地域センタや統制センタを設置して、加入申し込みやメンテナンスを迅速に行う体制を整えています。

ビジネスユースからパーソナルユースへ

INSネットの利用は、1995年(平成7年)10月にはチャネル数換算で100万回線を突破しました。サービス提供エリアは市制施行都市のすべてに及び、電話ユーザの約98%が加入可能となっています。さらに、1997年(平成9年)からは全地域で、一般加入電話で使っている電話番号をそのままINSネットへの回線利用に移行できるよう進めています。ISDN通信カラオケや音声、画像、データによる多地点間(最大30地点)を結んだマルチメディア通信会議、印刷用電子画像処理製版システムなど、ビジネス用アプリケーションも豊富になり、企業を中心としたINSネット利用はますます拡大するものと見込まれています。

また、今後のINSネット普及の伸びを支える主要な対象として期待できるのが、パーソナルユーザです。①INSネットを利用するために必要なDSU②パソコン、G4ファクシミリなどの通信端末③パソコン通信用ターミナルアダプタが低価格化し、小規模企業や家庭での利用環境が整ってきています。今後INSネットは、"2本目の電話""インターネットアクセスのための通信回線"などとして、ビジネスユースはもちろんパーソナルユースへも拡大する趨勢にあります。

■企業内ネットワークにおけるINSネットの利用

■INSネットの利用形態 (1995年9月調査)

低コストの高速データ通信サービス

進化する、コンピュータとコンピュータを結ぶ
データ通信のラインアップ

情報を“小包”にして送る「パケット通信」

パケット通信とは、送受信されるデータを一定の大きさのブロック（パケット）に分割し、それに宛先や誤り制御のための情報を付け加えた“小包”にして送り出す通信方式です。この方式は、ネットワーク側（交換機）で送られてきたパケットを一度蓄積し、受け取りの確認や、誤りが発生した場合には情報の再送を行うため、データ誤りがほとんどなく、伝送品質が非常に高くなっています。また、1回線で複数の相手と同時通信が可能なためネットワークを効率的に利用できます。

コンピュータ社会の進行と歩調を合わせて

1980年（昭和55年）7月、手軽に利用できる高速データ通信サービスの利用が不可欠なコンピュータ社会の進展を背景に、パケット通信サービス「DDX-P：Digital Data eXchange-Packet」が登場しました。

「DDX-P」は、当初、東京、大阪など7つの地域でサービスを開始し、その後全国に拡大しました。料金は回線接続時間ではなく、送った情報の量に比例する従量制を採用しています。さらに、遠近格差（距離による料金設定の違い）も1対1.25と小さいなど、データ通信を広域で行う必要があるユーザに最適のサービスです。

パケット通信の具体的な活用事例としては、たとえば損害保険業務で、保険会社のホストコンピュータと全国の代理店にある端末との間をDDX-Pで結び、契約内容や事故の照会業務、保険料試算などを行うオンラインシステムがあります。また、流通・小売業界のクレジットカードの取引データ送信、集計、信用照会処理を行う、カード処理システムなどが挙げられます。

このようなパケット通信需要の高まりに対応し、1985年（昭和60年）4月に、電話網からも簡便にパケット通信網にアクセスできる「DDX-TP：DDX-Telephone Packet」サービスを開始しました。DDX-TPは、折しも普及が始まったパソコン通信など、パーソナルで簡易なデータ通信への需要にこたえることになりました。

さらに、1990年（平成2年）6月からINSネットを利用したパケット通信「INS-P」もサービスを開始しました。

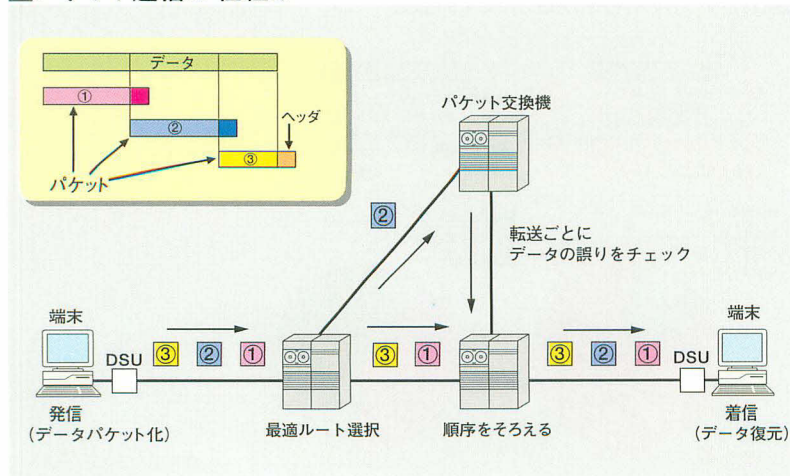
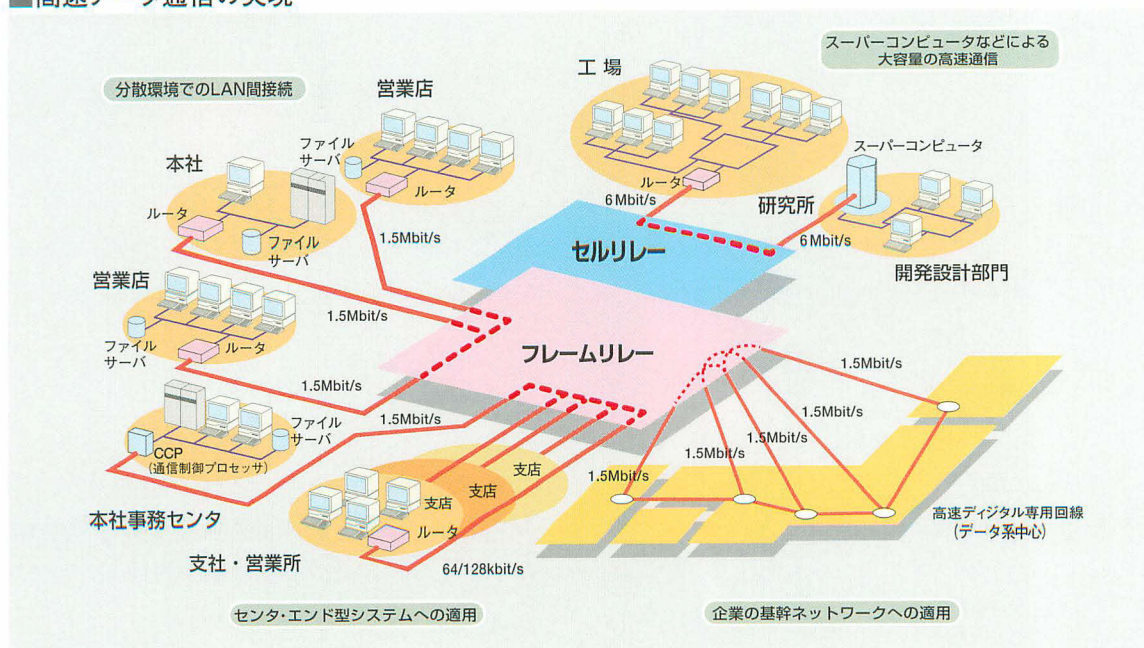
パケット通信の裾野は、ますます広がり、オンラインシステムの中核を担うネットワークサービスとして発展を続けています。

新しい高速データ通信ニーズにこたえて

パケット通信サービスの利用形態も大きく変化してきました。当初は、多数の端末が大型コンピュータと結合され、それらの間でデータがやりとりされるセンタ・エンド型通信が主で、その需要が、パケット通信サービスの拡大期を支えていました。LSIなどの進化で各コンピュータが高機能化したことにより分散型ネットワークが登場すると、データ伝送もLAN間で行われることが多くなってきました。また、コンピュータの高機能化は、従来64kbit/sが上限だったパケット通信の伝送速度の高速化ニーズも生み出しました。

そこでNTTが、1994年（平成6年）11月から提供を開始したのが、「フレームリレーサービス」です。

フレームリレーとは、データ誤りの際の再送制御を端末側にまかせることで交換機のソフトウェア処理を軽減し、伝送速度の高速化を実現した、パケット通信の延長上に位置付けられる通信方式です。1本の回線上に複数の論理的な通信路（DLCI：Data Link Connection Identifier）を設定することによ

■パケット通信の仕組み

■高速データ通信の実現

■パケット交換方式、フレームリレー方式、セルリレー方式の違い

	パケット交換方式	フレームリレー方式	セルリレー方式
方式	パケット交換機においてデータの伝送エラーを認識し、当該データの再送制御を行い、通信相手への確実な到着を目的とした方式	パケット交換方式における伝送エラーの際の再送制御処理をなくし、ソフトウェア処理を一部軽減することにより、パケット通信の1.5Mbit/sまでの高速化を実現した方式	フレームリレー方式において行っているデータ長可変の処理をもなくしてしまい、53バイトの固定長データ(セル)を単位として、主にハードウェアによる交換処理を行うことにより、さらなる高速化を実現した方式
特徴	データは必ず到着	データ廃棄あり	
	可変長データ(ユーザ側でのデータ長決定可)		固定長データ(ユーザ側でのデータ長決定不可)
	重←ネットワーク側処理→軽		軽←ユーザ端末側処理→重

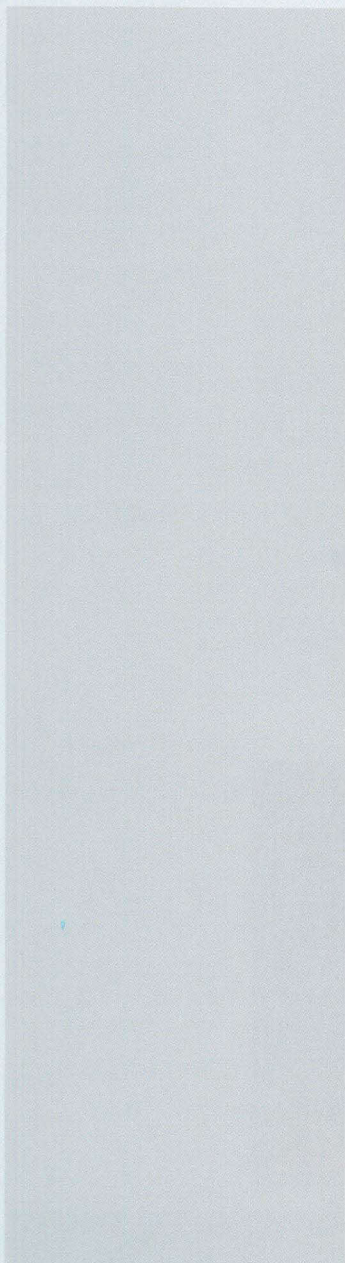
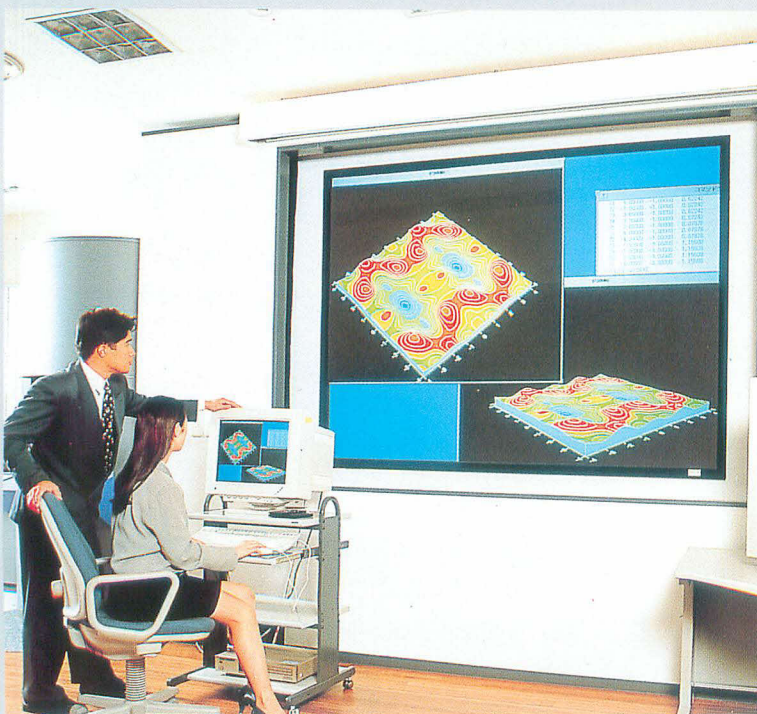
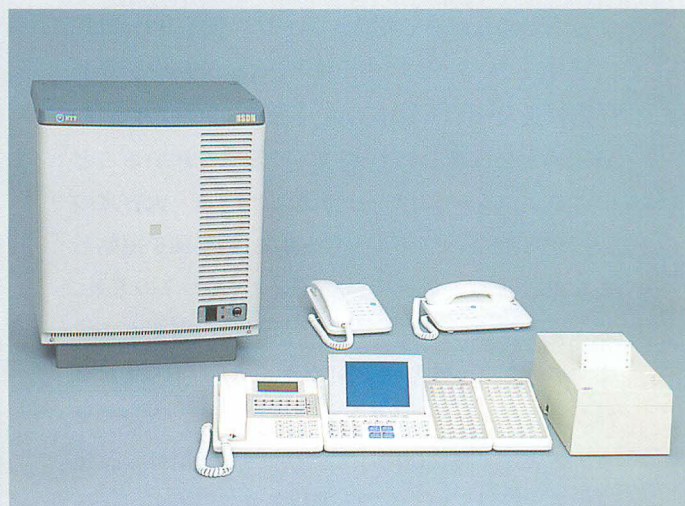
り、複数の相手との同時通信を可能としています。「スーパーリレーFR」と名付けられたこのフレームリレーサービスは、大幅なプロトコルの簡略化により、128kbit/s、1.5Mbit/sというINSネット1500相当の伝送速度を実現したうえに、従来のパケット通信に比べ大幅な低価格化を実現しました。

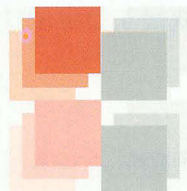
パケット通信サービスの利用は1995年(平成7年)9月末で60万回線を突破しています。同年9月には、固定長のデータ(セル)を単位として、交換を行う非同期転送モード(ATM:Asynchronous Transfer Mode)という新しいネットワーク原理を用いることにより、フレームリレーよりさらに高速・大容量の伝送が可能な「セルリレーサービス」の提供を開始しました。また、最近では、インターネットの普及、拡大などによってコンピュータ間通信の需要がますます増大してきました。DDXからセルリレーまで多様なラインアップがそろったことにより、今後のマルチメディア時代に向けて、パケット通信は、急速に拡大を続けていくものと期待されています。

COLUMN

事業の変革を促してきたパケット通信

パケット通信の進化は、NTTの社内情報システムにも多く組み入れられ、業務やサービスにも大きな変革をもたらしてきました。民営化の翌年1986年(昭和61年)3月に、パケット交換網を基幹ネットワークとして導入した新電報そ通システム(TXAS:Tele-gram eXchange Automated System)もその1つです。東京、大阪に設置されたホストコンピュータと全国の電報センタとの端末をパケット交換網で結び、電報の送受信、配信などの業務がオンライン処理で行えるようになりました。これにより、穴の開いた紙テープで伝送する印刷電信機がその役割を終え姿を消していきました。

なお、パケット交換網を利用したこのTXASの導入は、支援ツールの開発と相まって、電報文の"タテ書きからヨコ書きへ""カタカナからひらがなへ"、さらにTXAS-Ⅱ導入後の1994年(平成6年)2月には、"漢字化へ"と、民営化後電報事業が目指した、「より早く、より便利で多彩なサービス」を実現してきました。

企業の経営目標に沿った企業通信システムを提案

超高速専用サービスを用いた高速コンピュータ間通信

ディジタルビジネスホン α HX・Pタイプのホテルシステム

カスタマイズ化

企業通信システムのニーズに全方位対応

企業における情報通信システムは、単なる情報伝達・処理のレベルを超えて、企業活動を抜本的に見直すBPR(業務の抜本的革新)を実現する手段として活用される段階に入っています。システムの形態も、専用回線を主体とした企業内LANから、取引先を含む関連企業、さらに、お客さまや異業種、海外事業所を結ぶグローバルネットワークへと拡充されるとともに、各企業ごとの異なるニーズによりきめ細かく対応(カスタマイズ化)できるシステムへの要望が急速に高まってきました。

NTTは、これらの要望にこたえるため、従来の高速ディジタル伝送サービスに加え、新たに超高速専用サービス(50Mbit/s、150Mbit/s)を始動させる一方、企業におけるネットワーク利用の高度化・多様化に焦点を合わせたマルチベンダサポートLAN、ディジタルPBXを始めとする商品群の充実を図っています。

さらに、複雑・多岐にわたる企業通信システムへのニーズにフレキシブルかつタイムリーにこたえられるよう、業務の分析、システムの設計・構築から運用・保守に至るまで、システムインテグレータとしてトータルにサポートできる法人営業体制で臨んでいます。

ディジタル式大容量PBX「EP33」

企業の中枢神経をつかさどる

企業活動の高度化、多様化、グローバル化の進展とともに成長する専用サービス

民営化を機に急成長した各種の「専用サービス」

NTTの専用サービス(*1)は、まさに日本の産業・経済の発展と情報通信の高度化とともに成長してきました。

専用サービスは、電話サービスの開始から16年後の1906年(明治39年)7月に、東京〜横浜間で"専用電話"として始まりました。しかし、「他人使用や共同使用の制限」など、加入電話の普及促進を優先させた法制度の制約の下に、長い間副次的サービスとして提供されてきました。戦後の日本経済の復興、成長とともに、各企業におけるコンピュータの導入、拡大に伴い、順次規制も緩和され、企業通信ネットワークとして積極的に使われるようになりました。

1985年(昭和60年)4月、NTTの民営化とともに通信回線の利用が原則自由化されたことにより、企業通信ネットワークは、2地点間を結ぶ、いわゆる"線的"なネットワークからマルチポイントを結ぶ"面的"なネットワークへと発展し、専用サービスの利用も飛躍的に増大してきました。

NTTが提供する主な専用サービスには、①電話やファクシミリ、パソコン通信に適した「一般専用サービス」②一般のテレビ放送と同等の動画像を伝送する「映像伝送サービス」(1970年〈昭和45年〉2月開始)③音声からデータ、映像まで、あらゆる情報の高速・大容量のディジタル伝送が可能な「高速ディジタル伝送サービス」(1984年〈昭和59年〉11月開始)④同報性・マルチアクセス性・耐災害性など、通信衛星の特長を最大限生かした「衛星通信サービス」(1984年〈昭和59年〉11月開始)などがあります。

1995年(平成7年)3月末の専用サービスの総利用回線数は、約120万回線です。そのうちの約半数が、1985年(昭和60年)の通信回線利用の自由化以降増えたもので、料金値下げやさまざまな割引サービスの実施などとも相まって、この10年の普及状況は目覚ましいものがあります。

企業活動の高度化、多様化、グローバル化の進展とともに成長してきた専用サービスは、企業通信システムに不可欠なものとなってきています。

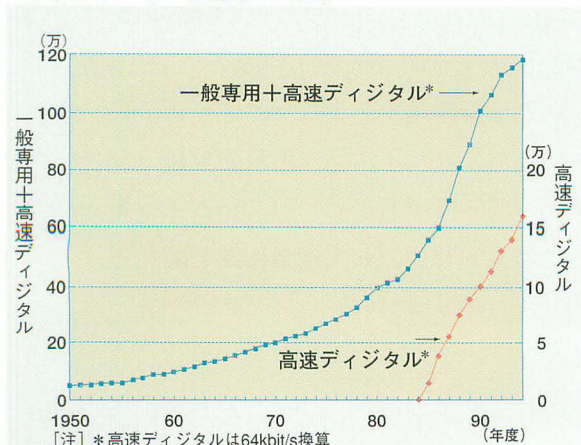
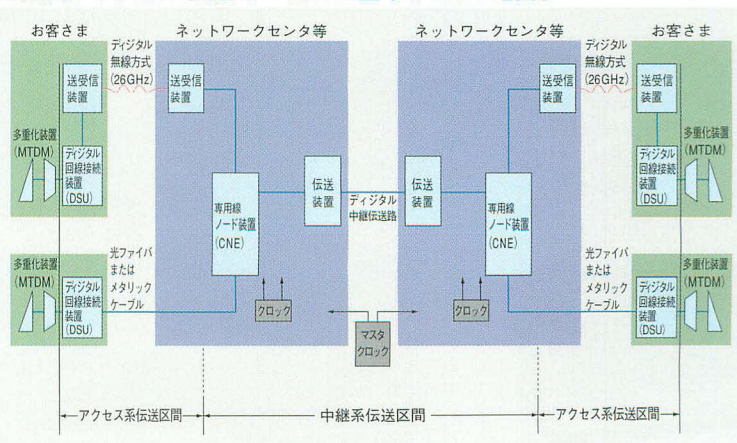
*1 専用サービス：お客さまの指定区間を直通回線で結び、専有して利用していただくサービス。一般の電話は交換機を介して結ばれ、通信のたびに回線を設定するのに対し、専用サービスは回線が固定されているので、常に安定した高品質のサービスを提供できる。

時代の寵児「高速ディジタル伝送サービス」

1984年(昭和59年)11月、NTTは高速ディジタル伝送サービスを開始しました。光ファイバケーブルを主体として伝送路を構成し、経済的な高速大容量伝送を可能としたもので、翌年実施された通信回線利用の自由化と相まって、企業通信システムの幹線伝送路としての利用や、第2種電気通信事業者のVAN事業の展開のために不可欠なサービスとして飛躍的に増大しました。

高速ディジタル伝送サービスは、64kbit/sから6Mbit/sまでの伝送容量別に6つのメニューでスタートしました。1987年(昭和62年)11月に、3Mbit/sを、また1990年(平成2年)3月には、国際標準であるIインタフェースをサポートする回線を新たに提供するとともに、128kbit/sなど5品目を追加し、サービ

■専用サービス回線数の推移

[注]＊高速ディジタルは64kbit/s換算

■高速ディジタル伝送サービスの基本システム構成

お客さまのニーズにきめ細かく対応

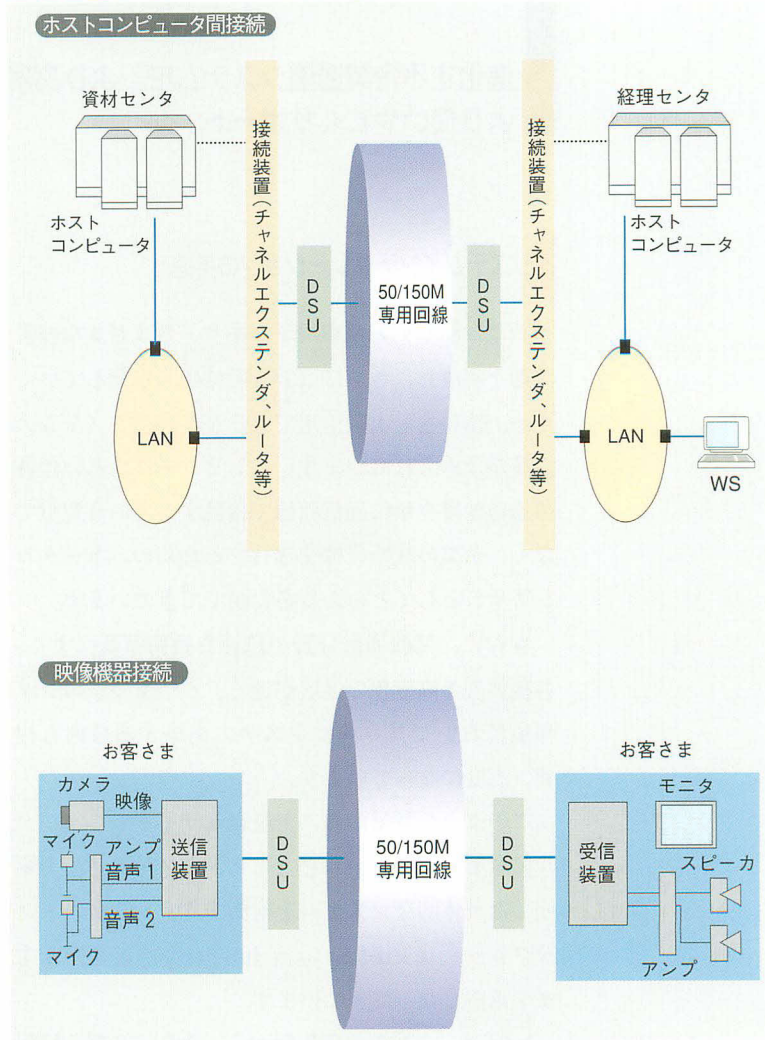
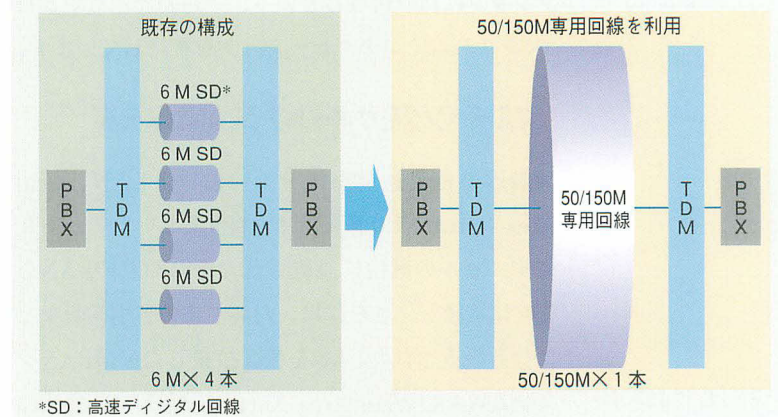
スのラインアップの充実を図りました。これにより、お客さまのニーズに即応する多目的かつ高度な総合通信システムの構築を可能としました。高速ディジタル伝送サービスの利用状況は、サービス開始後急速な勢いで伸びてきており、1995年(平成7年)3月末現在で3万回線(64kbit/s換算では約16万5,000回線)を超えています。

50Mbit/s、150Mbit/sの超高速専用サービス

近年、LANの進展には著しいものがあります。最近では100Mbit/sを超える高速LANも導入され、LANのバックボーンとして複数の事業所間を超高速専用回線で接続したいというニーズにも着実に対応してきています。

また、その利用形態もスーパーコンピュータの遠隔利用、ハイビジョンやCATVの映像伝送、CAD/CAM(*2)への利用など、より高速で、大容量の回線を必要とする、さまざまなアプリケーションへ拡大されつつあります。

こうした状況のなかで、従来の最速メニューであった6Mbit/sでは、近い将来お客さまのニーズに対応できなくなることが想定されました。また、国際標準となった新同期ディジタルハイアラーキ(SDH:Synchronous Digital Hierarchy)に基づく超高速インタフェースでのサービスの環境も整ったことから、1993年(平成5年)10月に、150Mbit/sの「超高速専用サービス」(単位料金区域〈MA:Message Area〉内)を開始しました。さらに、1995年(平成7年)5月には、50Mbit/sを追加し、150Mbit/sと併せてMA外でのサービスも開始しました。

このサービスは、高速LANの普及やますます高精細化が要求される映像伝送など、今後のマルチメディア社会における経済的な高速大容量伝送の担い手として期待されています。このサービスでは、制御端末や監視用ワークステーションをNTTビル(回線保守局)に設置し、回線開通、警報監視、回線故障時の切り替え制御や切り分け試験などを遠隔で行えるようにし、サービスの信頼性の確保と保守性の向上を図っています。また、新たにDSU試験装置を開発し、回線開通時や回線故障時などのエンド・ツー・エンドの回線品質の確認が遠隔から行えるようになっています。

■超高速専用サービスの利用形態

■高速ディジタル回線の経済化

*2 CAD：Computer Aided Design、コンピュータを利用して設計図面を描く技術。
CAM：Computer Aided Manufacturing、生産技術者がコンピュータを利用して生産の準備や生産工程の制御をする技術。

お客さまニーズにこたえる多彩な商品・技術

進化する企業通信システムを、より高度に、より使いやすくサポート

システムインテグレーションの推進

企業は激しい競争環境下にあり、さまざまな経営課題を解決し、さらには経営戦略を具現化していくため、情報を最大限活用できる企業通信システムの構築が求められています。コンピュータあるいは各種通信装置を単に通信回線で接続するという視点でなく、企業の戦略目標を遂行するための、トータルシステムとしてとらえる必要がでてきています。

さらに、情報通信分野の急速な技術革新により、各種装置の高度化の進展が速く、かつマルチベンダ環境において具体的にシステム構築する技術も複雑、高度になっています。

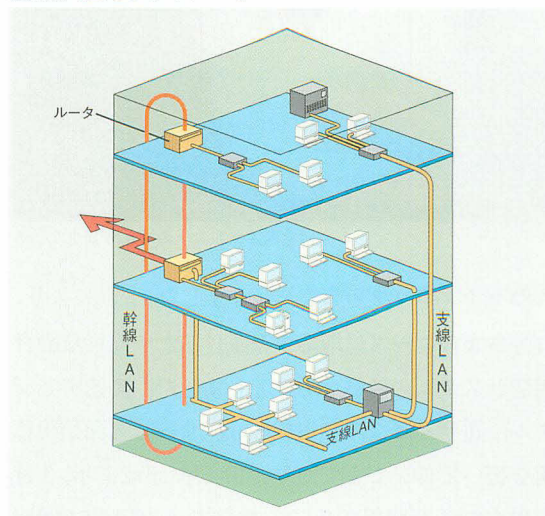
このような背景から、企業経営サイドからトータルに企業通信システムをとらえ、システム技術を駆使した具体的なシステムを構築する、システムインテグレーション(SI:System Integration)技術がますます重要となってきています。

NTTは、企業の経営目標から、それに必要な情報要素を選択し、通信システムにより伝達、処理しアクションに結び付けるという、一連のサイクルとして、システムインテグレーションを推進しています。

マルチベンダをサポートするLANシステム

最近の企業通信システムにおけるLAN(Local Area Network)の導入には、目覚ましいものがあります。ビルの構内に設置されたそれぞれのLANを相互に接続し、さらには、お客さまの各事業所などに分散設置されたLANを相互接続した広域LANシステムWAN(Wide Area Network)として、急速に発展してきています。また、性能面においても高速化が図られるとともに、パソコンや種々のアプリケーションを、より効率的に動かすためのクライアント/サーバ方式が採用されています。

BL-3000を構成するルータ

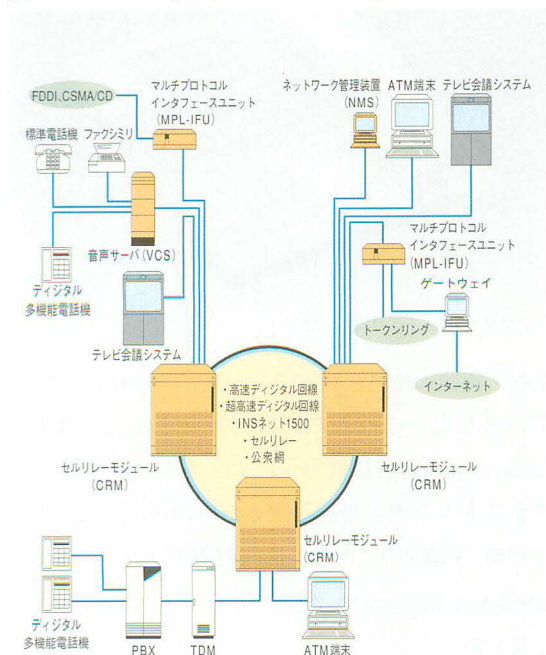
この方式は、クライアント間でのハードウェアやソフトウェアの共有化による経済化、サービス単位でのサーバ設置によるデータベース管理の効率化、サービス機能追加の容易化に適することから、現在LANの処理形態として不動の位置を占めています。

■構内LANのイメージ

NTTは、1989年(平成元年)10月、低速から高速までの伝送速度をサポートし、そのうえパソコンなどの機種を問わずに接続できるマルチベンダ対応のLAN「BL-3000」を発売しました。BL-3000では伝送路に、光ファイバケーブル、同軸ケーブル、一般の電話線のなかから設置環境に合わせた選択が可能です。さらに高速ディジタル回線を始め、サービス総合ディジタル網(ISDN：Integrated Services Digital Network)を介したLAN間の相互の接続によってフレキシブルなネットワーク構成を可能としています。たとえば、ビル内各フロアには、そのフロアに合った中低速LANを支線系として採用し、ビルの階高方向には光ファイバケーブルを用いた高速LANを幹線LANとすることで、支線LAN間を高速で中継したり、ゲートウェイ装置を介して専用回線、公衆網との接続を行うといった、統合LANシステムを構築することができるようになっています。

マルチメディア時代の高速通信プラットフォーム

ディジタル技術の進展などに伴い、情報処理の高機能化が進み、メディアが融合して新しい境界領域サービスが創出されつつあります。それは、インターネットや電子伝票交換などのコンピュータ通信、携帯型情報端末、マルチメディアメール、電子新聞、映像ショッピング、VOD(Video On Demand)など

■BA-3000を利用したシステム事例

■TDM-M5000シリーズを利用した経済的なシステム事例

のサービスです。これに伴い、さまざまな端末やサービスに柔軟に対応できるメディアフリーネットワークが必要になってきています。

NTTは、1995年(平成7年)4月、このメディアフリーネットワークを実現する、マルチメディア高速通信プラットフォーム「BA-3000」を発売しました。BA-3000は、各種国際標準に準拠した豊富なインタフェースをもっており、速度の異なる既存の時分割多重化装置(TDM:Time Division Multiplexer)、PBX(Private Branch eXchange)、LANなどを高速伝送で効率よく統合する非同期転送モード(ATM:Asynchronous Transfer Mode)ネットワークの構築を可能としています。また、ネットワーク管理装置から遠隔で総合的に管理でき、回線パッケージのホットスワップ(運用時の挿し抜き)を可能とするなど、保守運用面での効率化を実現しています。

さらに、BA-3000とお客さまの各事業所間を現行の専用回線で結んだ、マルチメディア・プライベートネットワークの実現を可能としています。1.5/6Mbit/sおよび50/150Mbit/sの高速ディジタル伝送サービスやセルリレーサービス、サービス開始が待たれるB-ISDN(Broadband-ISDN)サービスにも接続し、シームレスなWANの構築など、新しいネットワークサービスも有効に利用できるプラットフォームです。

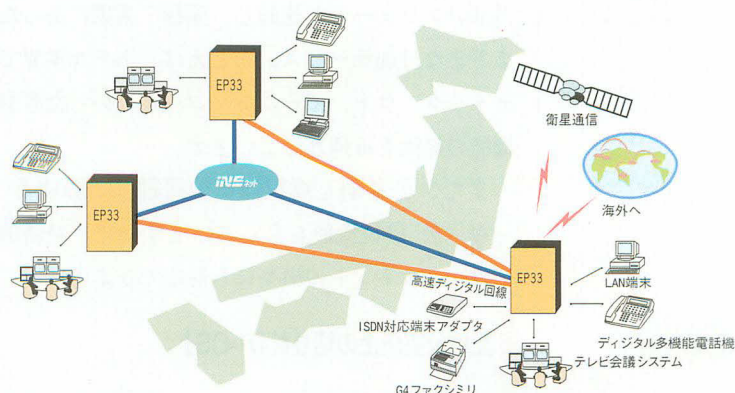
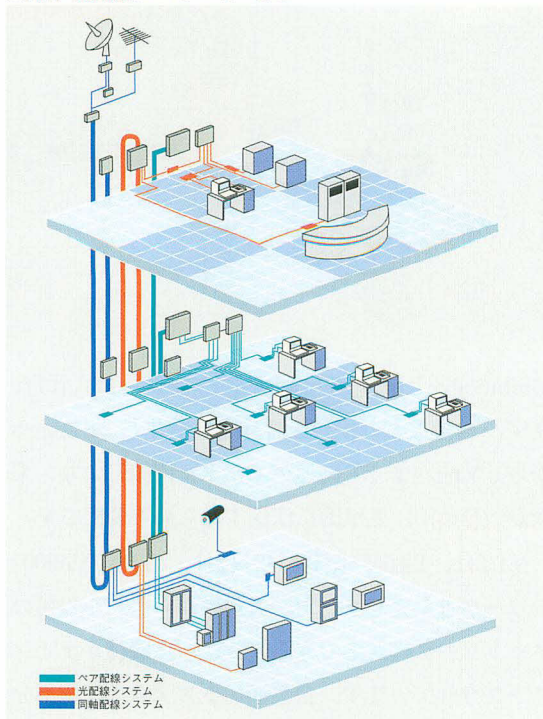
経済的、効率的な伝送を実現する「MTDM」

マルチメディア時分割多重化装置(MTDM:Multimedia Time Division Multiplexer)は、音声、文字、画像などの情報を時分割多重化し、64kbit/sから6Mbit/sまでの高速ディジタル回線により、柔軟かつ経済的、効率的に伝送するための装置です。

NTTは、1986年(昭和61年)12月、「TDM-M3000」シリーズを発売しました。大規模から中、小規模のネットワークに対応できるように、4機種がラインアップされています。企業通信システムの幹線部分に使用されるため、特に信頼性には十分配慮がなされています。本装置では、回線を2重化する構成の場合には、自動的に切り替える機能を備えているほか、装置内部も2重化が可能となるよう設計されています。

また、お客さまニーズの高度化、多様化を受けて、1993年(平成5年)8月に新技術を採り入れた「TDM-M5000」シリーズを後継機種として発売しました。高速ディジタル回線をさらに効率的に利用できるように、ビット多重方式の採用や音声符号化を従来の32kbit/sから、さらにその半分の16kbit/sに圧縮し、併せてファクシミリの伝送も可能とした新しい高能率音声符号化方式技術も採用しています。

また、INSネット64やINSネット1500を利用した、バックアップ、LAN通信に最適なフレームリレー機能など多彩な機能をもちあわせています。

■ディジタルPBX「EP33」を利用したシステム事例

■構内配線システムI^3-CS

ディジタルPBXシリーズ

1993年(平成5年)4月、内線3,000回線まで収容できる分散交換ノードと呼ばれる交換機を、光ループネットワークで必要な数だけ結合し、最大1万6,000回線の内線数まで収容可能な、大容量ディジタルPBX「EP33」を開発しました。

規模に応じた増設や、広大な敷地に分散する工場などで、各事業所単位に設置できるなど大きなメリットがあります。分散された交換機があたかも1つの交換機であるかのように、たとえば、それぞれ相互に内線通話ができるように、協調型分散交換制御方式が採用されています。ディジタル方式による電話のほか、ファクシミリやデータ通信装置も直接接続できます。ディジタルPBXは、その後、順次中容量、小容量のタイプが開発されました。また、ISDN対応機能やLANとの接続機能も付加されたほか、外部コンピュータと連動し、業種・業態にあったさまざまな付加サービス、たとえば、ホテル業界ではチェックアウト、モーニングコールといった多彩な機能の提供を可能としています。

また、公衆網と専用回線の接続、いわゆる“公一専一公”接続機能ももっていますので、経済的なグローバルネットの構築にも対応できます。

配線公害防止の切り札「I^3-CS」

通信機器や情報機器がオフィス内に数多く導入されるようになり、その結果、床の上にケーブルがあ

ディジタルビジネスホンα HX

ふれ、機器の増設や移設時のトラブルのもととなっていました。こうした配線公害を解決し、また、LAN、ISDN時代に対応したオフィス内の通信インフラストラクチャを構築するためのツールとして、1989年(平成元年)3月、構内配線システム「I^3-CS: Intelligent Integrated ISDN Cabling System」を発売しました。

また、I^3-CSは、100MHzまで伝送可能なメタルケーブルを用意し、フロア系の高速化に対応し、光ファイバ用パイプケーブルを採用することで、より効率的な運用を可能としています。現在、LAN対応管理システムでは複数箇所での配線管理を可能としていますが、今後、中間配線盤での自動切り替えを可能とする自動配線盤(ADF: Automatic Distributing Frame)を提供していきます。

ディジタルビジネスホンαシリーズ

1987年(昭和62年)5月に開発された「ディジタルビジネスホンαシリーズ」は、通信網のディジタル化技術を採り入れ、音声通話のディジタル化を実現しています。従来のビジネスホンの主流であった4線式のスター配線(*1)方式に替え、4線式バス配線(*2)方式を採用した画期的なビジネスホンです。これにより、配線作業の格段の効率化、配線美観の向上を可能にしました。

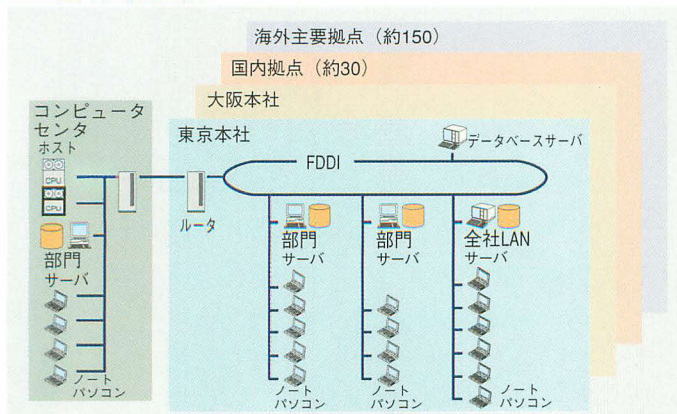
端末を自由に移動しても、モジュラジャックに差し込むだけですぐに使用可能となり、これまでのような複雑な端末のソフトウェアの設定変更をなくしました。これは、従来のビジネスホンでは、設置する場所の位置情報に対応して電話機内線番号が決められていたのを、ビジネスホンαでは、電話機内線番号そのもので識別できるようにしました。電話機内線番号が変わらなければ、どこに移動しても移動前とまったく同様に使用できます。

また、従来のビジネスホンでは、4線のうち1対(2線)がマイクロプロセッサの制御線で、もう1対が音声が通る通話線という構成が一般的でしたが、

*1 スター配線:中央の装置から各端に放射状に端末を設置する配線方式。システムのイメージが星形になることからスター配線という。

*2 バス配線:1本(2～4対)の配線に多数のジャックを設置する配線方式のこと。工事はいわゆる「一筆書き」で行う。通信機器は各所に配置されたジャックにプラグを差し込むだけで接続される。

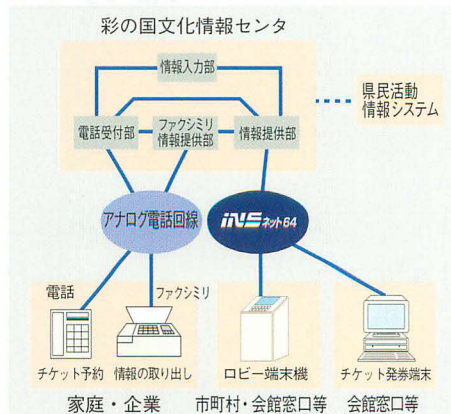
■A社の企業通信システム

■彩の国情報ネットワークシステム

ディジタルビジネスホンαシリーズでは、前出のように通信網のディジタル化技術やISDN技術が駆使され、音声および各種制御情報は時分割多重化により同一回線上で送受信されています。

企業通信システムの構築事例

A社では、営業業務や管理業務で使っている約400種類もの帳票類の処理のために社員が多くの労力を費やすなど、社内業務の効率性、また部門間の情報の交換や共有に大きな課題がありました。そこで、全社員（約7,000名）一人ひとりにノート型パソコンを持たせ、LANで結び、これらの課題を解決することにしました。

NTTは、A社に対し新しい情報通信システムを含めた広範なソリューション（*3）を提案し、システムの開発に当たりました。このシステムでは、拠点内は、国際標準準拠の100Mbit/sのFDDI（Fiber Distributed Data Interface）方式の幹線LANを用い、国内外の拠点間は高速ディジタル回線（容量は64kbit/s～6Mbit/s）でネットワーク化し、全社共通の情報サーバとホストコンピュータを結んでいます。そして、拠点内の各部門ごとのシステムは、クライアント、サーバ、およびホストコンピュータの3階層構成とし、このサーバは用途によって、さらに、ネットワークサーバ、部門サーバに分けています。

システムの特徴としては、①国際標準に準拠したLANを採用しており、Windows対応パソコンとMacintoshを接続できるマルチベンダ環境の実現②ネットワークOS（Operating System）として、複数のネットワークサーバに接続する全ユーザを一元的な論理アドレスで管理できるシステムを採用し、パソコンの移動に柔軟に対応できる環境の実現③電子メールで交換するファイル形式を統一するために使用ソフトを指定し、電子メールの利用促進の環境の実現などが挙げられます。

埼玉県内の各所に設置されたロビー端末機

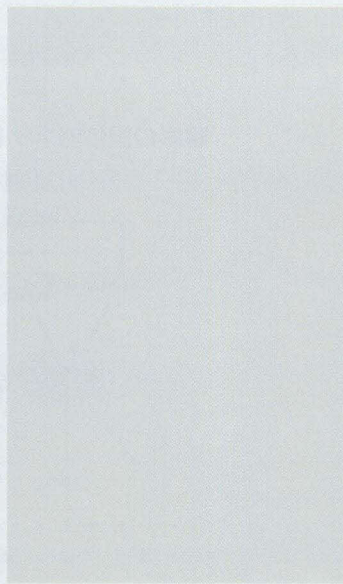
また、埼玉県では、地域の高度情報化に対応し、全県規模でディジタルネットワークの整備を進めています。1994年（平成6年）7月に、その一環として、県民と県、市町村とを結ぶ全国初の音声情報、文字情報、画像情報などを統合したマルチメディア型「彩の国情報ネットワークシステム」をスタートさせました。

このシステムでは、全市町村と県立の文化会館や県立図書館など、県内129ヵ所のロビーに端末機を設置しました。だれでも簡単にこの端末機を利用でき、必要な文化情報、イベント情報、生活情報などが鮮明な写真とともに入手できます。さらに、各種催しのチケット予約も、座席の指定まで含めてできます。各家庭からは、電話での情報検索や予約、ファクシミリを使っての情報の入手も可能です。

システム構成は、センタ内はワークステーションやパソコンがLAN（イーサネット）で接続され、センタのホストコンピュータと電話、ファクシミリ、ロビー端末機間はINSネット64で接続され、各サービスごとに分散処理を実現しています。また、ロビー端末機では音声ガイダンス、タッチパネル、レーザディスク動画による操作案内も採り入れ、ヒューマンマシンインタフェースの向上を図っています。

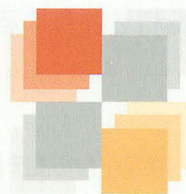
これらはNTTが、システムインテグレータとして、ユーザニーズにきめ細かくこたえ、トータルに開発したシステムです。

*3 ソリューション：お客さまのニーズに対応する場合に、単に目の前の課題解決を行うにとどまることなく、長期的視野に立って総合的に問題解決を支援することをいう。

動画像による掲示板、伝言板として開発されたN-ISDN版VOD「IVIS端末」

離れた場所にいる人たちの自然な動画像をマルチウインドウに表示する「パーソナルマルチメディア通信会議システム」

2,048×2,048画素の超高精細画像(SHD)の表示例(上)とディジタルプリント例(右)

「キャプテン」が加速させた“オン・デマンド”の世界

ビジュアル化

開花するビジュアルコミュニケーションの世界

映像情報は、人間が物事を理解するうえで最も重要な情報源です。まさに「百聞は一見にしかず」です。しかし、映像情報を自由に受発信するためには、膨大な情報量を高速で伝送できるネットワークを必要とします。

NTTはこの10年、INSネットや高速ディジタル回線などの整備と、画像符号化の国際・国内標準化に寄与しながら、静止画像、動画像、さらに超高精細な動画像による映像通信環境を実現するための研究開発を進めてきました。ここで生まれた技術から、テレビ会議やテレビ電話、ハイキャプテン、スーパーキャプテン、ファクシミリ、Fネットなどの多彩なビジュアルサービスが開花しました。マルチメディア・オン・デマンド、超高精細画像システム、バーチャルリアリティによるオンラインショッピングなども、もはや商用化間近となっています。

来るべき21世紀のマルチメディア社会では、これら新しいビジュアルコミュニケーションの世界が豊かに花開いているものと予測されます。

実際の会議に限りなく近づく

コンピュータや通信システムの存在を意識させない、シームレスで、データ・資料を共有するコラボレーション環境の創出

時代のニーズと標準化が拓くテレビ会議時代

時間と空間を超えて会議をしたいというニーズにこたえて、開発された通信会議システム。"音声だけの会議"から、画面を通じて、顔を見ながらの"テレビ会議"や"テレビ電話"へと進化し続けてきました。

テレビ会議の歴史は、電電公社時代の1970年(昭和45年)、日本万国博覧会(大阪)に試作出品したテレビ電話に始まります。1984年(昭和59年)3月には、6.3Mbit/sの大容量の専用回線を使った「テレビ会議サービス」をスタートさせました。映像品質は良好なものの、伝送コストが高くついたこともあり、広くは普及せず、むしろ音声会議システムへのニーズが顕在化しました。

その後、経済活動の活性化に伴って、会議の頻度が増え、それまでの音声会議システムでは微妙なニュアンスや臨場感が伝わらないために、テレビ会議へのニーズが急速に高まってきました。しかし、テレビ会議の本格的な普及には、伝送の低コスト化、システムの標準化、端末の低コスト化など、お客さまのニーズにこたえられる基盤や環境の整備が大きな課題でした。

1988年(昭和63年)4月から、高品質の画像情報などを経済的に送れるサービス総合ディジタル網(ISDN：Integrated Services Digital Network)として、INSネット64の提供を開始し、伝送コストの低廉化を実現しました。一方、それまでのテレビ会議システムは、国内および国際的な標準化がなされておらず、各メーカは、さまざまな画像符号化方式を採用していました。このため、異なる機種間の通信や国際間の通信が、スムーズに行えないこともテレビ会議の普及を妨げる大きな要因でした。1989年(平成元年)12月、国際電信電話諮問委員会(CCITT*1)から、テレビ会議などの通信を対象とした動画像圧縮(符号化)技術の国際標準勧告がなされるとともに、この勧告で、ISDNの使用が前提とされたことも、テレビ会議・テレビ電話の普及に大きな弾みをつけました。

この国際標準化活動に際して、NTTは、CCITTの専門家会合の議長を務めるなど、指導的役割を果たしました。

*1 CCITT：International Telegraph and Telephone Consultative Committee、現ITU電気通信標準化部門(ITU-T：ITU-Telecommunication standardization sector)。

世界最小の動画像コーデックの開発

テレビ会議・テレビ電話の普及には、端末装置の低価格化も大きな課題でした。

INSネット64を使って映像情報をやりとりするには、INSネット64の回線速度の1,000倍にも匹敵するテレビカメラの映像情報を64kbit/sの回線速度に適合する情報に符号化(圧縮)して送る、という複雑な処理が必要であり、その処理を行うコーデック(符号化／復号化装置)はどうしても大型で高価なものになっていました。

1990年(平成2年)11月に、NTTは、国際標準に完全準拠した世界最小の「ISDN対応カラー動画像コーデック」を開発し、大幅な小型化・経済化の見通しを得ました。これには、最先端のLSI技術が駆使され、動画像処理には格段に優れたプログラマブルDSP(信号処理プロセッサ)を始めとする7種類のVLSIを開発し、それまで約2,000個のLSIやICからなる十数枚のプリント基板で構成されていたコーデックを1ボード化することに成功し、システムへの組み込みを容易にしました。

これをきっかけに、NTTのテレビ会議システムフェイスメイト用のコーデックを相次いで開発し、大型・中型・小型・LAN対応などのラインアップの充実を図るとともに、低価格化を実現しました。さらに、多地点間を結ぶ会議用のMCU(Multipoint Control Unit)を開発し、機能の高度化を進めるなど、企業にとってテレビ会議を一層身近なものにしました。

フェイスメイトがルーム対応とすれば、テレビ電話はデスク対応です。NTTは、1993年(平成5年)12月に、世界最小・最軽量・低価格のISDN対応

ビジュアルホンPICSEND-R

■リング状接続方式

パーソナルマルチメディア通信会議システム(PMTC)

協調作業支援環境システム(COGENT)

フェイスメイト
FM-A71

のテレビ電話「ビジュアルホン PICSEND-R」を商品化しました。コーデックの開発に加え、多地点接続機能を内蔵し、MCUを必要としないリング状接続方式を新たに考案し、最大5地点までの多地点間通信を実現しました。

1995年(平成7年)5月には、NTTのネットワーク技術とアメリカのアップルコンピュータ社が開発したパソコン技術が融合したデスクトップテレビ会議端末を開発し、フェイスメイトシリーズの1機種FM-A71として発売しました。

シームレスな会議環境の実現に向けて

従来のテレビ会議システムは、ミーティングだけを行うもので、これに付随する資料作成やファクシミリによる資料のやりとりなどは個別に行わなければなりませんでした。

NTTでは、従来のテレビ会議の限界を超え、実際の会議に限りなく近づく、会議環境の実現に向けた先進の研究開発も進めています。それは、コンピュータや通信システムの介在を意識させない“シームレスな環境”、資料やデータをも共有できる“コラボレーション環境”の創出です。

これには、遠隔地の人と同じ室内にいるような違和感のない音声環境をつくる高性能エコーキャンセラの開発など、臨場感をより高める人間工学的な技術とともに、文化や社会などについての人文科学も採り入れたグループウェアの技術が駆使されています。

1991年(平成3年)7月に開発した、離れた場所にいる人たち(最大20地点)の自然な動画像をマルチウィンドウに表示できる「パーソナルマルチメディア通信会議システム(PMTC：Personal Multimedia-multipoint TeleConference system)」もその1つです。

1993年(平成5年)4月には、手元の机上映像をビデオカメラで互いに送り合い、ディスプレイ上に重ね合わせ表示する機能(オーバーレイ機能)で協調作業空間をつくりだす「チームワークステーション」を開発しました。

一方、臨場感を高めるための音響面についても、1994年(平成6年)7月に、音声の特徴や室内の音響特性を考慮した、新しい方式を考案し、小型・高性能な「エコーキャンセラ」を実用化しました。従来と比較して、人の動きやマイクロホンの移動などの音響条件の変化に4倍の高速で適応し、複数の話者が同時に話す場合のエコー消去性能を大幅に向上させ耳障りな雑音を減少させました。また、ハードウェアも3分の1に小型化されました。

1994年(平成6年)7月には、“コミュニケート、クリエイト、意見調整、意思統一”の協調作業ともいえる会議を円滑に、効率的に支援する、協調作業支援環境システム「コージェント(COGENT)」を試作しました。テーブルに埋め込まれたワークステーションは、LANで接続され、各自のデータベース、インターネットによる世界との情報交換、INSネットを介して遠隔地とのテレビ会議などを可能としています。

ネットワークのボーダレス化およびコンピュータと通信との融合が進むマルチメディア時代、「テレビ会議システム」もマルチメディアコミュニケーションツールとして、大きな注目を集めています。

インタラクティブ映像通信

「キャプテン」が加速させた、
さまざまな“オン・デマンド”映像通信サービス

新しい映像メディアを開拓した「キャプテン」

「キャプテン(CAPTAIN：Character And Pattern Telephone Access Information Network)」は、センタと複数の端末をビデオテックス通信網(4.8kbit/s)でつなぐセンタ・エンド型の双方向映像メディアの先駆けとして、民営化前の1984年(昭和59年)11月からサービスを開始しました。サービス内容は、文字や図形による画像情報の提供でしたが、映画やテレビ放送という一方向の映像に馴れていた生活のなかで、欲しい情報を自由に選択できる映像メディアの登場は社会に大きなインパクトを与えました。

その後、ISDNサービスの開始、ビデオやコンピュータグラフィックスの普及、データベースの大容量化、さらには、情報ニーズの多様化などを背景に、映像通信サービスの分野でも静止画像から動画像へ、よりきれいな映像へと、ニーズが高まってきました。これに対応したのがINSネット64を使った「ハイキャプテンシリーズ」、光ファイバによる第2種映像伝送サービスを使った「スーパーキャプテン」でした。これらの“オン・デマンド”な映像通信サービスは、映像データベース技術、映像圧縮(符号化)技術の発展とともに、より高度なサービスへと発展してきました。特に、カラー静止画像符号化の国際標準であるJPEG(*1)や、動きのある映像の効率的な伝送符号化方式である動き補償フレーム間予測(*2)などの圧縮技術は、ISDNによるサービスを可能とし、映像通信サービスの普及を加速させました。

*1 JPEG(Joint Photographic Experts Group)：ISO/CCITTで標準化されているカラー静止画の符号化方式。
*2 動き補償フレーム間予測：動きのある映像は、1秒間に何枚ものフレームを送ることにより表現する。1つ前のフレームと比べて動きが小さい場合、動きの部分のみを伝送すればよいため、効率的に伝送できる符号化方式。

ハイキャプテンは、1,670万色・フルカラー自然画(静止画)を扱えるプライベート型システムで、1987年(昭和62年)5月に、横浜駅西口のタウンガイド用に第1号を導入し、その後は自動車販売会社(中古車情報提供)を始め、さまざまな分野に導入されています。また、シリーズとして、1991年(平成3年)1月にファクシミリデータを扱えるハイキャプテンFX、翌年6月には、デスクトップパブリッシング(DTP)を可能にしたハイキャプテンHGを商品化しています。

ハイキャプテンの利用風景

スーパーキャプテンが進化したVOD

VOD端末の画面

一方、スーパーキャプテンは、一般のテレビと同じNTSC(National Television System Committee)信号による動画像を扱える画像応答システム(VRS：Video Response System)で、1988年(昭和63年)6月、ファッション業界に最初に導入され、その後はタウン案内や医療・教育・美術館などの分野で利用されています。1991年(平成3年)12月にはハイビジョン(HDTV)版も商品化されました。

マルチメディア・オン・デマンド「MOD」への進化

スーパーキャプテンを進化させ、ディジタル化したものが「VOD：Video On Demand」です。VODは、ユーザからの要求(デマンド)により、映画やテレビ番組を提供するサービスで、将来のネットワークサービスとして注目されているものの一つです。

ユーザは、“見たい時に見たい番組を指定”すれば、居ながらにして番組を見ることができ、VTRと同じように巻き戻しや停止などの制御も自由自在です。センタ側の設備には高度な機能が必要になりま

す。NTTは、VODシステムをつくる上で、センタに設置する映像サーバを始め、多数のユーザを想定した多重読み取り、より多くの番組をいかに効率よくデータベース化するか、といった技術開発を進めてきました。特に、独創的なのは映像サーバです。番組を大量に光ディスクに蓄積するライブラリ(光MSS：Mass Strorage System)と、光ディスクの交換時に番組の中断などを補完する磁気ディスクとの2層蓄積構造により、リクエストから番組提供まで1秒以内の高速応答を実現するとともに、複数の光ディスクにまたがる長時間番組の連続再生も可能にしました。また、動画像符号化の国際標準であるMPEG 1を採用し、ビデオの再生画像並みの画質を実現しています。現在、さらに高画質が得られるMPEG 2への移行準備を進めています。

VODシステムは、1993年(平成5年)7月より始まったVI&P総合実験の第Ⅱフェーズのなかでその実用性を検証するとともに、VODに代表されるオン・デマンドの映像系通信サービスを、「MOD：Multimedia On Demand」と位置付け、さまざまな研究開発を行っています。その1つ、「IVIS：ISDN Visual Information System」は、簡易な入力・蓄積・出力・同報ができるN-ISDN(Narrow-band-ISDN)版VODとして開発されました。動画像による掲示板や伝言板、さまざまな場所に設置したテレビカメラからのリアルタイム映像をテレビ電話などから提供するというものです。また、ガイダンスに従って行きたい場所の電話番号をプッシュすると、見やすく編集した案内地図をファクシミリから取り出せる「ダイヤルマップ」もMODの1つとして開発しています。

IVIS端末

このVODシステムについては、研究が行われているセンタとNTTの日比谷などにあるショールームのVOD端末を1.5Mbit/sのISDN回線で結び、実際に触れ、体験していただくようにしています。さらに、1995年(平成7年)9月からは、CATV事業者と共同で本格的な実験をスタートさせました。

マルチメディア社会の到来に向け、サービスメニューを充実

NTTでは、今後のマルチメディア社会に向け、ますます高品質化・多様化する映像ニーズにこたえていくため、1992年(平成4年)から1994年(平成6年)にかけて、専用回線による映像伝送サービスメニューを充実させました。交通監視や競輪·競馬中継用として映像を伝送する第1種映像伝送サービスしかなかったことが遠い過去に思えるほどです。

1992年(平成4年)4月に、テレビ放送などの映像・音声を150Mbit/sで高品質に伝送する「第3種映像伝送サービス」を、1994年(平成6年)2月には、ハイビジョンの映像·音声を2.4Gbit/sまたは600Mbit/sで伝送する「HDTV映像伝送サービス」を開始しました。また、テレビ放送に換算して、おおむね50チャネル分を同時に伝送できる「多チャンネル映像伝送サービス」は、1993年(平成5年)4月に開始し、CATVなどの各種映像配信の幹線として利用されるなど、今後のマルチメディア社会の映像伝送ニーズにもこたえられる各種サービスの実用化を進めています。

NTTの映像伝送サービス

サービス種別	サービス内容	伝送方式	利用対象
第1種映像伝送サービス 提供区間：端末区間／中継区間＋端末区間 サービス開始：1970年2月(白黒)／1972年7月(カラー)	●一般家庭のテレビ以上の品質で提供可能な映像伝送サービス ●NTSC映像信号1CHの伝送、また音声信号はAM放送サービスにより提供 ●NTSC信号	●FV-4M-A(アナログ光伝送) ●FV-4M-P(ディジタル光伝送) ●ITV-4M(アナログメタリック伝送)	●交通監視 ●水位監視 ●競輪・競馬中継 ●店内監視
第2種映像伝送サービス 提供区間：端末区間 サービス開始：1988年4月25日	●VRS用に限定した映像伝送サービス ●NTSC映像信号1CH、音声信号1CHおよび制御信号1CHの同時伝送 ●NTSC信号	●FV-6M(アナログ光伝送)	●ファッション情報システム ●都市型動画像検索システム ●医療用実験システム
第3種映像伝送サービス 提供区間：端末区間 サービス開始：1992年4月1日	●TV放送規格並みの高品質映像伝送サービス ●NTSC映像信号1CHおよび音声信号2CH(オプションにより4CH可能)の同時伝送 ●NTSC信号	●FV-150M(ディジタル光伝送)	●放送素材伝送 ●スポーツ実況中継 ●遠隔講義 ●社内テレビ用
多チャンネル映像伝送サービス 提供区間：端末区間 サービス開始：1993年4月1日	●70～450MHzの周波数帯域で複数のCHの映像およびそれに付随する音声を伝送するサービス ●周波数映像多重信号	●FV-450M(アナログ光伝送)	●本社～支社間などの多CH映像伝送 ●CATVなどの各種映像配信
HDTV映像伝送サービス 提供区間：端末区間 サービス開始：1994年2月1日	●ハイビジョン映像信号1CHおよび音声信号4CHの同時伝送 ●高規格サービス(主に素材伝送用)と一般規格サービス(主に分配伝送用) ●高精細映像信号	●FV-2.4G【高規格サービス】(ディジタル光伝送) ●FV-600M【一般規格サービス】(ディジタル光伝送)	●放送素材伝送 ●衛星放送の足回り ●イベント中継

開花するファクシミリ文化

ファクシミリも高速化と高精細化、
ビジネスユースからホームユースまで幅広い商品ラインアップ

国際標準となった「MR符号化方式」

文字や図形を、そのままの形で送りたいというニーズにこたえたファクシミリの歴史は、高速化・高精細化の追求でした。特に、G３ファクシミリ以降の高速化に貢献したのが、画像圧縮技術の進展とモデムの高速化です。

当初、G３ファクシミリに適用された画像圧縮符号化方式は、MH（Modified Huffman）という横方向１ラインずつの１次元符号化方式でしたが、1979年（昭和54年）にNTTとKDDが共同提案した「MR（Modified Read）方式」が国際標準に採用されました。これは、前のラインを見ながら、そのズレ（差分）に対して符号化する２次元の方式で、MH方式に比べ原画像の圧縮率を約40％アップできる画期的なものでした。その功績が認められ「内閣総理大臣表彰」を受賞しました。そして、MR方式を基に、さらに圧縮率を約40％アップし、G４ファクシミリの標準規格に採用されたのが「MMR（Modified MR）方式」でした。

またモデムは、ITU電気通信標準化部門（＊１）勧告により、当初4.8kbit/sが標準化され、順次7.2kbit/s、9.6kbit/s、14.4kbit/sが標準化されました。今後、28.8kbit/sも標準化の予定です。

＊１ ITU-T：ITU-Telecommunication standardization sector

G３ファクシミリの高速化は目覚ましく、G４ファクシミリのMMR方式を適用するとともに14.4kbit/sモデムを使い、“６秒伝送”というキャッチコピーを掲げた製品も登場しています。

一方、G３ファクシミリの画像品質は、読み取り方向に１㎜当たり3.85ラインだったものが、7.7ライン（ファインモード）、15.4ライン（スーパーファインモード）へと高精細化が進みました。G４ファクシミリでは、ライン方向１㎜幅16ドットを実現し、G３ファクシミリの１㎜幅８ドットの２倍の高精細化を達成しています。

■MR符号化方式

最初の１ライン（参照ライン）についてはMHで符号化を行い、次の１ライン（符号化ライン）については、参照ラインとの差分情報のみを符号化することによって情報量を大幅に圧縮している

でんえもん214CL

NTTは、1984年（昭和59年）に、INSモデルシステム実験において、複写機と同等な画像品質の普通紙記録、A４判２秒伝送という超高速ファクシミリを実現し、G４ファクシミリの実用化に大きな一歩を踏み出しました。

高機能・低価格の多彩なファクシミリを開発

技術の進展を背景に、民営化後10年の大きな変化は、現在の主流であるG３ファクシミリの低価格化とホームユースの市場が開かれたことです。

その先駆けが、ホームファクシミリ第１号として1991年（平成３年）９月に発売した「Mr.伝絵文」です。当時としては、破格の８万9,800円という低価格が話題を呼び、これを機に他メーカもこの市場に続々と参入してきました。さらに、多機能・低価格の各機種をラインアップして、加速するニーズにこたえています。

もちろん、ビジネスユースのG３ファクシミリも、先進機能を採り入れながら、豊富なラインアップを揃えてきました。そのなかでエポックとなったものは、これまで例のない赤黒２色送受信機能（1987年〈昭和62年〉４月）、ハンディスキャナ（1988年〈昭和63年〉５月）、NTT独自開発の暗号化方式FEAL-８による秘話機能（1989年〈平成元年〉）と、それぞれ話題の機能を搭載したファクシミリを商品化したことです。また1993年（平成５年）３月に、受信文書用メモリと大型液晶ディスプレイを備えたディスプレイファクシミリ「MITEDAS」を発売し、画面で確認して必要な文書のみを取り出せる合理性に人気

A4判2秒伝送を実現したG4ファクシミリ

送られてきた情報をディスプレイで確認できるMITEDAS

が集まりました。

一方、G4ファクシミリは、1989年(平成元年)の㈳電信電話技術委員会(TTC：the Telecommunication Technology Committee)標準化を機に、多くのメーカが市場投入を開始しました。NTTは、INSネット64のサービスを開始した1988年(昭和63年)4月に、いち早く「NTTFAX-D4100」を商品化しました。そして、1990年(平成2年)4月に、電子写真記録による普通紙記録式「NTTFAX-D6000/D6100」を、1991年(平成3年)3月には、初めて価格100万円を切る感熱記録式「NTTFAX-D4300」を投入し、その後も機能の強化と低価格化を積極的に進めてきました。

今後、待望されるのはカラーファクシミリです。NTTは、1991年(平成3年)6月に、イオンフロー記録方式を採用したINSネット64対応の試作機を開発しました。カラー印刷に匹敵する1,670万色の高画質の実現と、A4判1枚の情報量が10メガバイトものカラー画像をわずか1分で伝送可能にするなど、その実用化に期待が集まっています。

ファクシミリの利便性を、より高める「Fネット」

ファクシミリとネットワークを1つのシステムととらえ、1981年(昭和56年)9月に、ファクシミリ通信網サービス「Fネット」を開始しました。ファクシミリの増加に連動して順調に契約数を伸ばし、1995年(平成7年)3月末現在で、67万回線を突破しました。Fネットは、ファクシミリからの送信情報をいったんネットワーク内の装置に蓄積し、一斉に高速回線で送信する方法をとります。このため回線が効率的に使え、中遠距離通信料金の低減につながり、まさに、短時間、低料金で大量の情報をタイムリーに伝達したいというお客さまのニーズにこたえてきました。また、無鳴動自動着信、親展通信、不達通知などの多彩なサービスを受けることができます。なかでも、Fネットの最大の特長は、一斉同報機能とセンタ·エンド型通信機能です。当初最大40ヵ所までだった同報宛先は、現在1万ヵ所までと機能を大幅に拡大しています。センタ·エンド型通信は、ファクシミリをコンピュータの入出力端末として利用できるよう、Fネットのなかでメディア変換やプロトコル変換を行うサービスで、ファクシミリの利用シーンを大きく拡大しています。1987年(昭和62年)2月に、情報提供者(IP：Information Provider)が登録した各種情報を自由に取り出せるファクシミリ案内サービスを開始し、1991年(平成3年)1月には、FネットとINSネットとを相互接続し、さらに、1995年(平成7年)4月からはFネットとして初めて料金割引サービスを開始しました。

現在Fネットの利用は、企業と企業間(受発注など)から、企業と家庭間(通信教育や塾など)へと利用場面が拡大しており、今後は、ホームファクシミリの急速な増加を背景として家庭と家庭間の新たな利用へと拡大していくと思われます。

NTTは、ショッピングやレジャー情報、そして気軽なコミュニケーションへと、その用途もパーソナル化するファクシミリを活用した、新しい「ファクシミリ文化」を創造していきます。

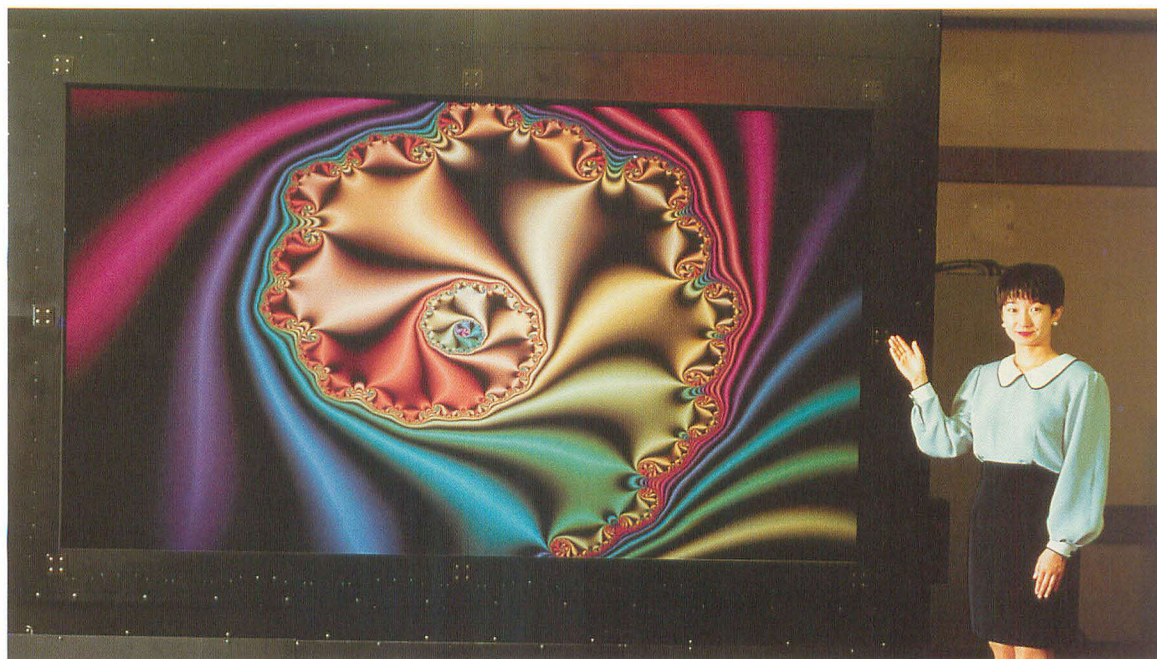
■Fネットのシステム

■G4とG3ファクシミリの主要諸元の比較

項目	G4ファクシミリ	G3ファクシミリ
適用回線	ISDN	電話網
通信速度	64kbit/s	4.8/2.4(14.4/12.0/9.6/7.2)*kbit/s
符号化方式	MMR	MH/MR*/MMR*
画像品質(解像度)	400×400 dot/inch*	16dot/mm×15.4 line/mm*
	—	8 dot/mm×15.4 line/mm*
	200×200 dot/inch	8 dot/mm× 7.7 line/mm*
	—	8 dot/mm× 3.75line/mm

［注］＊はオプショナル規定

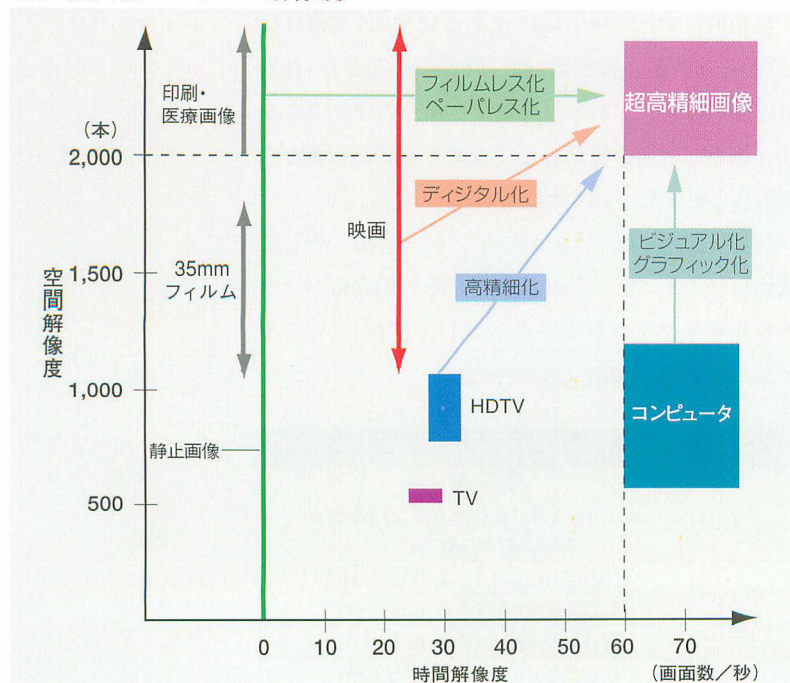
ハイビジョンを超えて

超高精細画像の表示と超高速ディジタル伝送技術がもたらすメディア統合

HDTVの４倍の画素数を表示する110インチ液晶プロジェクタ

垂直解像度2,000本以上の高画質を実現

1990年(平成２年)に、高品位テレビ(HDTV：High Definition TeleVision)であるハイビジョンの試験放送が開始されました。走査線数が1,125本と、従来のテレビ画像の２倍以上の精細度をもつハイビジョンの登場は、テレビの歴史において、おそらく“カラー化”以来の技術革新といえるものです。

しかし、90年代に入って急速に具体化してきた“マルチメディア”や、その中心的なコンセプトである映像、音声、テキスト情報などをディジタル信号により一元化するという“メディア統合”を視野に入れると、HDTV方式の２倍以上の超高精細度が必要です。たとえば、X線画像やカタログの電子出版などのように、電子化した画像から美しい印刷画像を得る(電子メディアと印刷メディアの統合)には、テレビの走査線数にすると少なくとも2,000本以上、一般に画像の精細度を示す尺度である画素数でいえば、縦横2,000画素×2,000画素＝400万画素以上という、超高精細度を表現できることで、初めて実用に耐え得るものとなります。

■各種画像メディアの解像度

超高精細(SHD)画像ステーションを開発

NTTは、1991年(平成３年)１月に、画素数が2,048×2,048という、「超高精細(SHD：Super High Definition)画像ステーション」を開発しました。超高精細画像は、１枚の画面で100Mbitものデータ量を有しています。そのため開発当初は4Mbitの容量をもつメモリ(DRAM)を約8,000個使用し、基礎的なハードウェアから設計・製造していきました。SHD画像ステーションは、256枚の超高精細静止画

SHD画像によるサービス実験

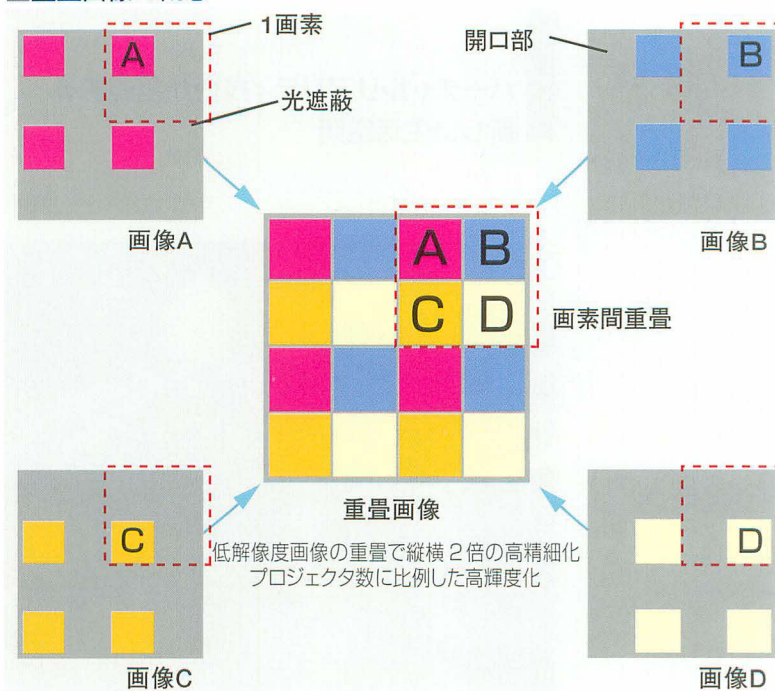
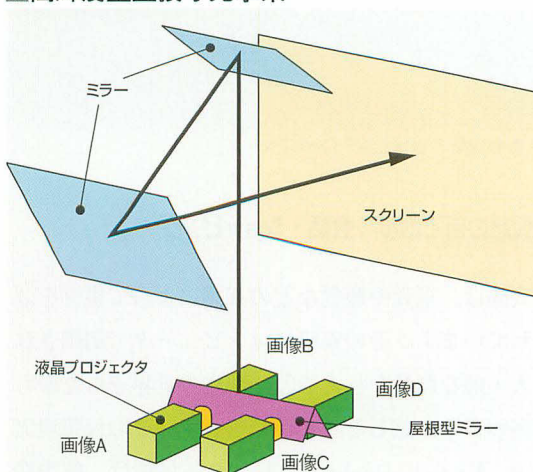
像を連続して表示するほか、256枚の静止画像を毎秒60画面で、動画像として表示することを可能にしました。動画像で、画素数とともに解像度を決めるもう1つの要素は、1秒間に表示できる画面数です。従来のテレビやハイビジョンでは30画面／秒ですから、この点でも、2倍の解像度を実現しています。

SHD画像ステーションの開発によって電子化された写真や印刷物の画像を、印刷時と同等の精細度でディスプレイ上に表示し、確認できるようになりました。この画像を直接印刷することも可能になり、まさに超高精細版デスク・トップ・パブリッシング（DTP）を実現したといえます。また、ディスプレイ上の実寸大の新聞紙面を違和感なく読むことができ、ディスプレイ画像をポスター大に拡大して出力（印刷）しても美しさが損なわれないなどの事実が、SHD画像の超高精細ぶりを象徴しています。

超高精細画像を伝送し、表示する技術

高精細画像情報は、動画像であれば、1秒当たり6～7.2Gbitものデータ量になります。これは現在の光ファイバネットワークの幹線でも伝送できない巨大な量です。したがって、映像情報を圧縮する技術が必要です。

NTTは、映像情報圧縮のための国際標準規格であるMPEG2という符号化アルゴリズムを用いることで、超高精細の動画像情報を40分の1以下に圧縮し、B-ISDN（Broadband-ISDN）で想定される156Mbit/sの超高速度で伝送可能なことを確認しました。伝送先で圧縮した情報を復元して得られる動画像のS/N比（*1）は40dB以上。これは、映像のプロの目で見ても、圧縮前の原映像との区別がつけられない程の高品質を実現したことを意味します。

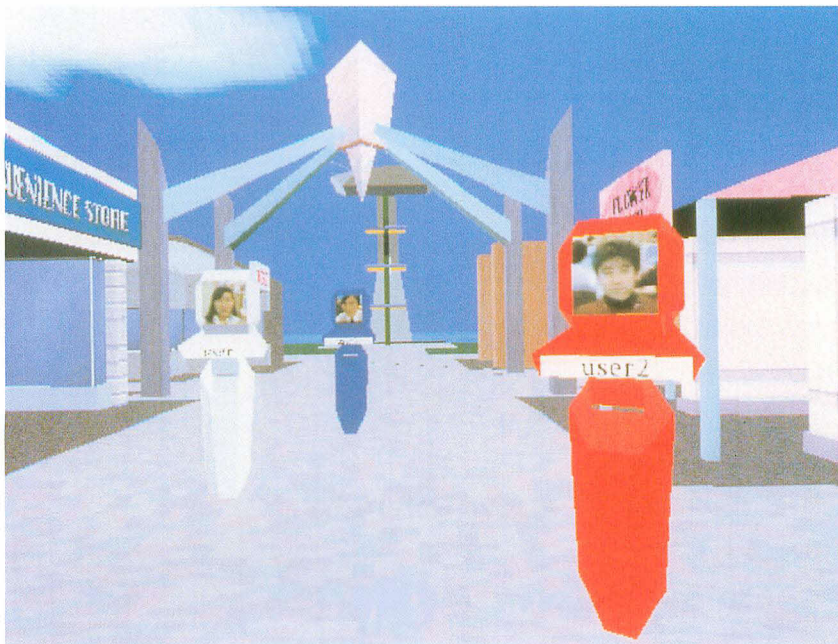
また、特に画素数が多い超高精細画像をプロジェクタによって表示しようとすると、光量などの関係で大画面表示が非常に難しいという技術的ネックがありました。NTTは、1984年（昭和59年）から、液晶平面ディスプレイの技術開発を行ってきており、日本におけるこの分野でのパイオニア的役割を果たしてきました。この過程で蓄積したノウハウを応用し、4枚の画像を重ね合わせて1枚の画像を構成する新たな技術（重畳投写方式）を確立しました。また1994年（平成6年）10月には、110インチの大きさで画素数2,880×2,048の画像を表示できる液晶プロジェクタを開発しました。液晶プロジェクタの技術は、静止画像や動画像を壁全面に映し出すビデオウォールなど、まったく新しい環境映像の実現に道を開いています。この表示装置に等身大の人間を表示し、すぐそばで見ても、本物の人間とほとんど区別がつかないほどです。

“あるがまま”を映し出し、伝送し、自在に印刷することを可能にした超高精細画像技術。今後はカメラなど周辺技術の開発とともに、医療分野・教育分野などへの展開を図り、実用化を目指していきます。

■重畳画像の概念

■高輝度重畳投写光学系

*1 S/N比（Signal to Noise ratio）：信号振幅に対する雑音振幅の比。

仮想世界へのチャレンジ

バーチャルリアリティ技術が創造する新しい生活空間

多人数参加型の仮想社会「インタスペース」

仮想の街で散歩・会話・ショッピング

人間は、視覚や聴覚などの五感によって現実を認識しています。その五感にコンピュータで制御された人工的な刺激を与えると、架空の世界をあたかも現実のように感じることができます。この仮想現実(VR：Virtual Reality)と呼ばれる技術は、航空機の操縦を模擬的に体験できるフライトシミュレータから発展してきましたが、その応用分野はきわめて幅広いものがあります。

実際、体感ゲームなどのアミューズメントはもとより、手術などのシミュレーション、原子炉など危険作業の遠隔操作、あるいは住宅の内部を擬似的に体験できるモデルルームなど、有用かつ夢のある多種多様なニーズが生まれています。

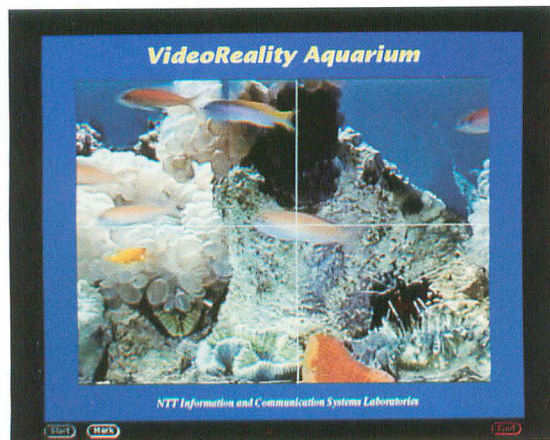
NTTでもさまざまな研究を進めていますが、そのなかでも代表的なものは、通信ネットワーク上に仮想社会をつくり、多人数参加型のマルチメディア環境を実現したのが、「インタスペース」です。ユーザは、マルチメディア型のパソコンでインタスペースにアクセスするとパソコン通信をより高度化したサービスを受けることができます。

その最初の実験的アプリケーションが「国際サイバーキャンパス」です。3次元コンピュータグラフィックスで構成されたキャンパス内では、自由に動き回ったり、そこにアクセスしている人々の顔をウィンドウに表示して会話することができます。またクラブハウス(仮想店舗)に入ると、取り扱っている商品をあれこれ品定めしたり、店員から説明を受けたりでき、注文すれば実際の商品を宅配してくれます。この実験は、1995年(平成7年)5月から、神田外語学院、中野スクールオブビジネス、NTTテレマーケティング㈱を、INSネット64で結んで行われました。こうしたオンラインショッピングが実用化されれば、中間流通業者を通さないことによるコスト削減など、流通革新の起爆剤となる可能性をもっています。

インタスペースにはさまざまな新技術が投入されています。なかでもユーザ(分身)の仮想空間内での位置を認識し、この情報をほかの端末に分配する仮想空間サーバの開発はキーポイントとなるものでした。つまり、別々の端末からアクセスしている2人が違う方角から歩いてきてすれちがったり、店のドアを押したら店員が気づいて“いらっしゃいませ”と声をかけたり、あるいは商品を手にとってみたり……。楽しいショッピングにはこうしたインタラクション(相互作用)が不可欠です。つまり、仮想空間内に、快適で効率的なインタラクションを実現しようという、新しい技術の開発です。今後は、基本となるソフトウェアの高機能化と、各種アプリケーションの充実を図っていくこととしています。

実写映像を利用した「水のない水族館」

インタスペースが、3次元コンピュータグラフィックスであるのに対し、マルチメディアデータベース「ビデオリアリティ」は、ビデオによる複数の実写映像を、現実空間の位置関係に対応した論理的な映

コンピュータ内につくられた仮想の水槽

ボタン操作で魚を追跡し、名前や生息地を表示

像空間へ投射することで、映像のリアリティを格段に高めたものといえます。1994年(平成6年)3月に開発されたビデオリアリティの最初のアプリケーションが「電視水族館」です。そこでは、実際の水族館と同じように、コンピュータ内につくられた仮想の水槽のなかをさまざまな魚が泳いでいます。画面では、移動ボタンの操作で自由に奥ゆきのある水槽内を眺めることができます。魚をマウスで選択すれば、拡大表示やその動きを自動的に追跡したり、また、名前や生息地などの属性情報を表示させることもできます。

ビデオリアリティは、今後さまざまなアプリケーションへの展開が期待されています。

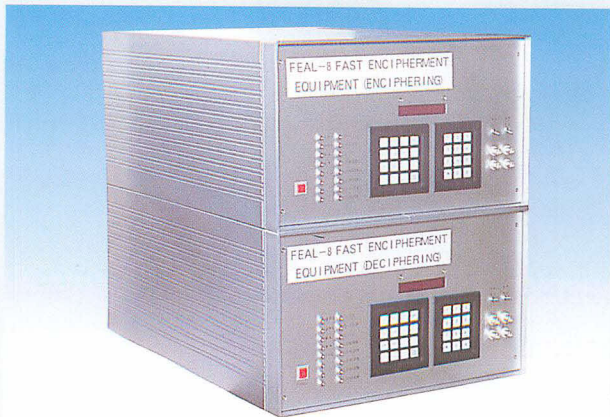
立体テレビとホログラフィ映画

インタスペースやビデオリアリティは2次元における、いわば擬似的な立体映像の実現です。長時間見ていても目が疲れない、3次元の自然な立体映像を生成できれば、より人間に適した優しい仮想環境の提供が可能となります。NTTは、この分野での研究開発にも積極的に取り組んでいます。その代表的なものとして挙げられるのが、「立体テレビ」と「ホログラフィ映画」です。

新映像メディアとして注目される動画ホログラフィ再生装置

立体テレビとしては、1991年(平成3年)6月に15インチ立体映像表示装置の開発に成功しています。これは、特殊なメガネを使わず、レンチキュラレンズ(かまぼこ状レンズ)の画像分離作用により、画面から80cm程度離れるだけで立体画像を形成できる装置です。15インチという大型液晶ディスプレイの開発も世界初の試みでした。

また、ホログラフィ映画については、1994年(平成6年)9月に、多摩美術大学の協力を得て、市販の35㎜ホログラフィ用フィルムに実時間で連続撮影を可能とした、本格的なホログラフィ映画システムを試作しました。従来のホログラフィでは、フィルムの感度が低いため、1コマの撮影に数分かかっていましたが、このシステムでは、光源に強力なパルスレーザを使用した撮影機構を新たに開発したことにより、感度の低い35㎜ホログラフィ用フィルムでも実時間で撮影ができるようになりました。また、幅に制限のあるフィルムで両眼による観察を可能とするため、1コマのホログラフィを2つの菱形で連ねるツインダイヤモンドという方式を開発したことも技術的なポイントでした。

ホログラフィは立体映像の本命として世界各国で研究されています。NTTは、このシステムにより、実用化に必要な基礎データを収集し、さらに機能の高度化を進めながら、本格的なホログラフィ映画の実現に向けて研究を進めています。

世界でも代表的な高速データ暗号アルゴリズム(FEAL)を組み込んだ通信装置

個人の身体情報(声)から本人確認(バイオメトリクス)する話者認識システム

腕時計に付けた電極からニューラルネットへ情報入力
(サイバーフィンガー実験)

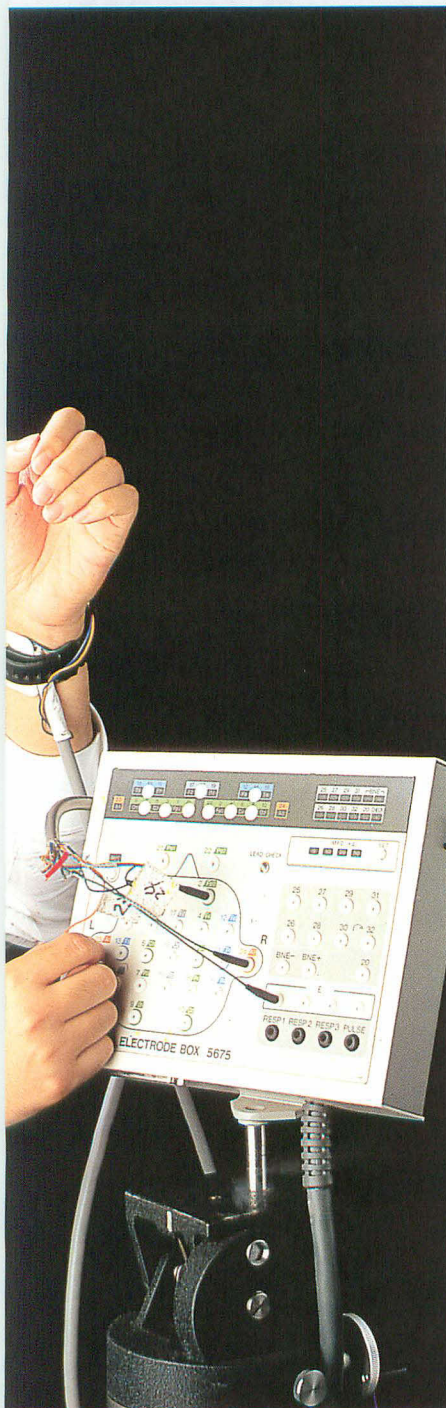
インテリジェント化

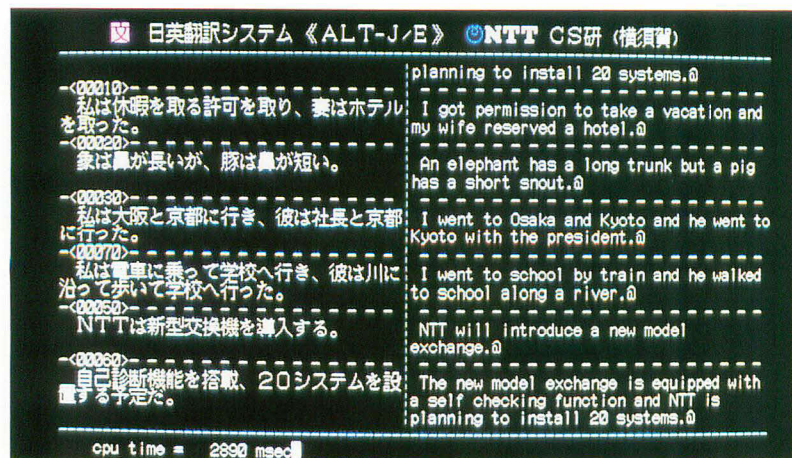
機械をより人間に近づける人工知能

21世紀の情報通信ネットワークでは、音声・データ・映像などのメディアが統合されるとともに、端末およびネットワークが、より高度なインテリジェンスをもち、現在とは比較にならないほどの多彩なサービスを提供していくことになります。

コンピュータの飛躍的な進歩を背景に、NTTがハードウェア・ソフトウェアの両面にわたって進めている、知的情報処理に関するさまざまな基礎研究と実用化開発。端的にいえば、それは、人間の命令通りにしか動かないコンピュータではなく、意味の解析や判断、学習などを通して自ら答えを出すような、人間により近いコンピュータの創出です。

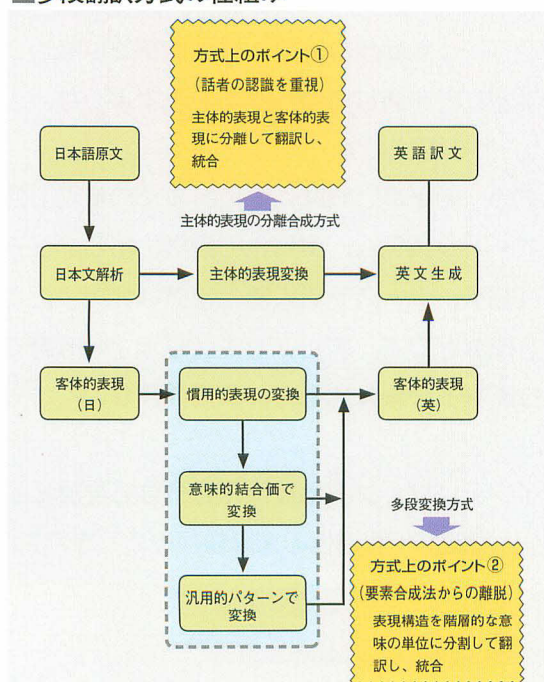
その成果の一例を挙げれば、既に、多くの業務で活用されているエキスパートシステム、実用化の段階にあるニューラルネットや日英機械翻訳、テキストを人間の自然な発声に近づけて読み上げる音声合成などです。また、セキュリティの分野でも、暗号方式や認証技術などの最先端を行く研究成果がいくつも生み出されています。

これらインテリジェント化技術のさらなる発展により、より知的で、より人間的な情報通信の未来像がみえてきます。

メディア変換で広がる新しいコミュニケーションの世界

自然言語処理と文字認識の技術が拓く、ワールドワイドなコミュニケーション

機械翻訳システムによる日本語から英語への変換(ALT-J/E)

日本語と英語、言葉の壁を克服する「機械翻訳通信」

通信ネットワークは、グローバル化とボーダレス化が急速に進んでいます。特に、インターネットは、“ネットワークのネットワーク”といわれ、各国の多種多様なコンピュータネットワークが相互接続され、ワールドワイドなネットワークが形成されつつあります。グローバル化するネットワークの世界に立ちはだかるのが言葉の壁です。“日本語の電子メールをすぐに外国語へ翻訳して送れたら……”、そんな願いをかなえてくれるのが「機械翻訳通信」です。

＊1 言語過程説：言語の本質を、道具としてとらえるのではなく、対象→認識→表現の過程的構造をもつものとした時枝誠記の説(1941年〈昭和16年〉出版『国語学原論』)。これは、本居宣長以来の日本の伝統的かつ素朴な言語観と、ヘーゲル哲学の流れをくむ弁証法的言語観がミックスしたもので、国語学や言語学に大きな影響を与えた。

NTTは、翻訳通信のための基盤技術の確立を目指して、記述文を対象とする機械翻訳の研究を1985年(昭和60年)に開始し、主に日英機械翻訳に取り組んできました。その成果として、日本の伝統的な言語理論の1つである言語過程説(*1)(時枝文法)という思想に着目するとともに、多段翻訳という独自の方式を考案し、日英機械翻訳システム(ＡＬＴ-Ｊ/Ｅ)を試作しました。

このシステムにより、原文をあらかじめ翻訳用の表現に書き換える前編集を必要とせず、原文から自動的かつ即時に翻訳ができるようになりました。新聞記事を例題にして、意味が分かる訳文に翻訳できた割合をみると、それまでの日本語解析技術(構文解析など)で30%だったものが、多段翻訳方式(意味解析技術)では80%に大幅アップしています。

多段翻訳方式では、①話者の言葉を主体的表現と客体的表現に分離して翻訳し、統合する②英訳しにくい客体的表現については、表現構造を階層的な意味の単位に分割して翻訳し、統合する、というプロセスをとっています。特に画期的な点は②です。単語意味属性を一般名詞で12段2,800種類、固有名詞で9段200種類のツリー構造にきめ細かく分類し、従来の機械翻訳システムのもつ一般辞書(文法·対訳辞書)に加え、新たに単語意味辞書40万語、構文意味辞書1万5,000文型を整備し、これに基づいて本格的な意味解析技術を実現しました。これらの意味辞書は規模の大きさ、分類のきめ細かさという点で例がなく、世界的にも注目されています。

■多段翻訳方式の仕組み

■辞書の構成

[注]＊その他辞書：専門辞書=約50万語、利用者辞書=任意の語数

文字画像を白黒エリアの分布に変換して参照パターンと比較する２値特徴画像認識システム

２値特徴画像認識システムでの認識処理例

多段翻訳技術の研究は、さらに訳文の品質を高めるため、意味理解技術の研究へと入っています。言い換えれば、“直訳から意訳”へ、“機械的な翻訳から、より知的な翻訳”へと進化しています。

届いたメールを自然な発声で読み上げる

“電子メールを自動的に読み上げてくれたら……”。NTTは、人間が話すように、コンピュータが自然な発声でテキストを読み上げることを目標として、「音声合成技術」と「自然言語処理技術」に関する研究を進めています。

最初の研究成果は日本文音声出力システムで、1984年（昭和59年）９月から始まったINSモデルシステム実験において、電話による新聞記事朗読サービスに使われました。ここで培われた日本語処理技術をもとに、キーワード自動抽出技術、日本文訂正支援技術、音声認識用言語処理技術、翻訳処理技術などへ発展させていきました。特に日本文訂正支援技術は、日本文校閲システム（VOICE-TWIN）に組み込まれて商品化され、1987年（昭和62年）から日本経済新聞社の新聞記事の読み上げ校正の手段として活躍しています。

日本語の読み上げ技術は、正しいイントネーションやアクセントで読み上げるだけでなく、元の文章を聞いて分かりやすい文章に書き換える技術や、適切な読みを付与する技術の研究開発も進められ、音声ガイダンスなどにも応用されています。年を追うごとに改良が加えられ、人間が読み上げるような自然な発声へと限りなく近づいています。

新しい文字認識にチャレンジ

パソコンへの入力方法も、キーボードやマウスだけでなく、さまざまな方法が考えられます。キーボードが苦手という人に、タブレットにペンで手書きの文字を入力すると自動的に電子文字に変換してくれるワープロも登場しています。NTTは、この変換を可能とする日本語フロント・エンド・プロセッサの研究開発を行っています。現在開発しているものは性能的にトップレベルにあり、続け字や筆順・画数が少し誤っている文字でも高い認識率で変換できます。

また、紙に書かれた活字や手書き文字を読み取るための装置（OCR：Optical Character Reader）の開発にも力を注いできました。これまで、独自の方式で、英・数・カナ文字から漢字まで、各種の手書き文字の認識精度を高めてきました。この成果により、1992年（平成４年）と1993年（平成５年）の郵政省文字認識コンテストで、NTTの手書き文字認識方式が「最優秀賞」として表彰されました。

さらに、新しい文字認識技術の研究にも成果が上がっています。これは、２値特徴画像認識法（*２）に補完類似度という認識尺度を導入したもので、従来のOCRソフトでは読み取りがうまくできなかった文字（カスレや汚れなどの多い文字、背景にデザイン処理がなされた文字、白黒反転文字など）も、高い認識率で読み取ることができるようになりました。この技術は、パソコン上のGUI（Graphical User Interface）化された文字やロゴマークはもとより、送られてきたファクシミリの宛先や電話番号などを読み取って自動配信したり、黄ばんだ古新聞の読み取りなど、幅広い応用が期待されています。

翻訳通信、テキストの音声変換、OCRによる手書き文字や活字の電子文字への変換……。メディア変換の技術には、グローバル化したネットワークのなかの民族や言語の垣根を取り払うことに象徴されるように、人と人のコミュニケーションをより広く豊かにする夢があります。

＊２　２値特徴画像認識法：文字画像を格子状の白黒エリアの分布に変換して参照パターンと比較する認識法。現在の主流は、文字画像から線分の傾きや交点などの幾何学的特徴を抽出し、辞書内の参照パターンと比較する幾何学的特徴法であるが、「雑音」にはきわめて弱いという特徴がある。

ネットワーク社会の犯罪予防学

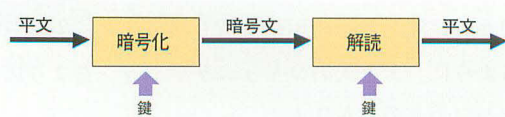
暗号化と音声・指紋認識がガードする安全なネットワーク

データを何回も攪拌し暗号化するアルゴリズムによる変化

大量データを高速で暗号化する「FEAL」

通信ネットワークの高度化は急速に進み、これを介した電子商取引への期待が高まっています。しかし、ネットワークを行き来する情報は、改ざん・不正複写・盗難・盗聴などの危険に常にさらされています。このため、ネットワークセキュリティが大変重要な基盤技術となります。これには大別して、“ネットワークに入られても情報を読ませない技術”“ネットワークに不正に入らせない技術”の2つがあります。

“ネットワークに入られても情報を読ませない技術”の代表は、暗号化技術です。NTTはこの分野で、わが国の技術をリードしてきました。暗号通信では、送り手が情報を暗号に変換するための鍵(暗号化鍵)と、受け手が暗号を解読するための鍵(復号化鍵)が必要です。送り手も受け手も同じ鍵を使う方式を秘密鍵暗号方式、別々の鍵を使う方式を公開鍵暗号方式といいます。鍵といっても金属の鍵ではなく、暗号処理を行う時の数値データのことです。

NTTは、1988年(昭和63年)に、高速データ暗号アルゴリズム「FEAL(Fast data Encipherment ALgorithm)」を開発しました。暗号化の方法は、データを何回も攪拌するもので、例えば「FEAL-8」は8回攪拌するという意味です。写真は攪拌のたびに原データが変化していく様子を示しています。FEALは、世界的にも秘密鍵暗号方式の代表的なものです。解読の困難さを公の場で検証するために暗号化の手順(アルゴリズム)を公開しています。

■暗号通信の仕組み

同じ秘密鍵暗号方式に、1977年(昭和52年)に米国標準となったDES(Data Encryption Standard)がありますが、これと比べてFEAL-8は、安全性で同レベル、暗号化の処理速度で10倍以上の高速性を実現しています。また、プログラムが小規模ですむため、アプリケーションに簡単に組み込むことができ、既にNTTのファクシミリ、ターミナルアダプタ、モデムなどに採用されています。なお、FEAL-8の解読は、鍵がなければ1秒間に150万回の計算をしたとしても20万年を要するほどの安全性を誇っています。

FEAL-8は、その有用性の高さが認められ、「電子情報通信学会業績賞・小林記念特別賞」を受賞しました。

さらに、秘密鍵暗号方式では、送り手と受け手の間で、どのように鍵を安全に配送(または共有化)するかが課題です。そのために、鍵センタという共通の信用機関を利用する方式と、エンド・エンド同士で直接配送する方式とが考案されており、現在、それらについての研究開発を進めています。

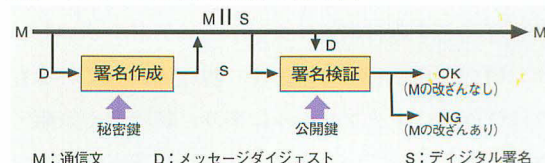
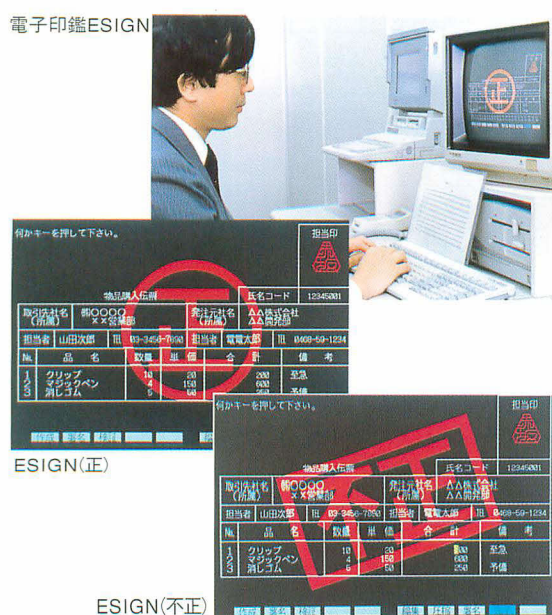
ハンコに代わるか! 電子印鑑「ESIGN」

わが国では、古くから、本人であることの認証方法として、紙の文書に署名・捺印する方法がとられてきました。しかし、これが電子メールによる決裁文書や注文書となるとそうはいきません。実際の印鑑や署名が使えないため、これに代わる電子的な認証方法が新たに必要となります。

■ディジタル署名と認証の仕組み

電子印鑑ESIGN

ESIGN(正)

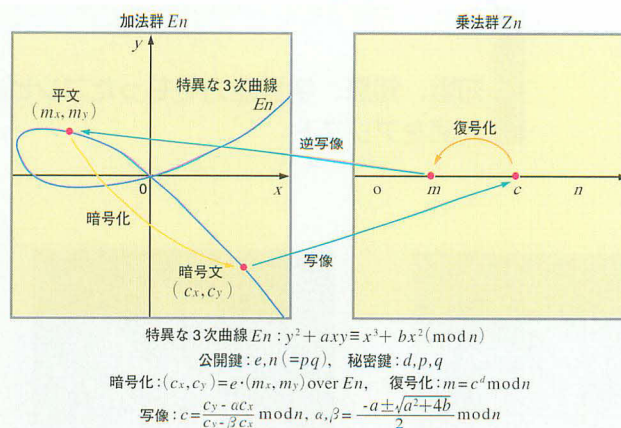
ESIGN(不正)

NTTは、1991年(平成3年)に、この電子的認証方法として、公開鍵暗号方式に基づく電子印鑑「ESIGN(Efficient digital SIGNature scheme)」、別名ディジタル署名とも呼ばれる方式を開発しました。

公開鍵方式は、送り手と受け手の間で、一方のみが秘密鍵を所有し、その鍵に対応する公開鍵を他者へ知らせること(公開)ができます。ESIGNでは、送り手が自分の秘密鍵で通信文を暗号化(署名作成)して送ります。暗号文は秘密鍵を所有している人しかつくれませんが、公開鍵を知る人はだれでも元の通信文に戻すこと(署名検証)ができます。このことによって、送り手本人が作成した通信文(注文書など)であるか否かを受け手が判別できることになります。

ESIGNの特長は、その高速性にあります。たとえば、同じ公開鍵暗号方式であるRSA法(*1)に比べ、署名作成速度が数十倍以上です。ESIGNをICカードなどに適用した場合、1秒以下で署名作成できるため、実用化へ期待が高まっています。

ESIGNの安全性は、非常に大きな整数の素因数分解の困難さに根拠をおいています。簡単な例で説明すると、11×23は整数253ですが、逆に253をみて、この素因数が11と23だとはすぐには分かりません。これが300ケタの整数ではどうなるでしょう。

現在、電子契約は、法令化に向けた検討が重ねられていますが、ESIGNがハンコと同じ役割を果たす日もそう遠くないと思われます。

なお、1994年(平成6年)には、同じ公開鍵暗号方式として、3次曲線($y^2+dxy=x^3+ax^2+bx+c$)に基づく新暗号方式が考案されました。この新方式では、素因数分解を使ったRSA法と比べ、さらに高速性・安全性が高まることが数学的に証明されました。

■特異な3次曲線に基づく公開鍵暗号の原理

未来のセキュリティ技術「話者認識システム」

“ネットワークに不正に入らせない技術”としては、音声認識や指紋認識といった、個人の身体情報に基づく本人確認(バイオメトリクス)の研究が進められています。このなかで、人の声を特定する「話者認識システム」の研究は、未来のセキュリティ技術を彷彿させるものです。

話者認識には、“ひらけゴマ”のような合言葉を使う方法などがありますが、これではテープレコーダに録音した声も認識されてしまいます。新しい話者認識法では、認識のたびにコンピュータがランダムに短いテキストを指定する方法を採用しています。また、だれにでも共通する音素モデルを基準にして、ユーザ固有の音素モデルをつくる話者適応化法や、体調により変化する声を見分ける類似度正規化法などの独自のアルゴリズムを採用しています。新しい話者認識システムでは、99.7%というきわめて高い認識率を達成しています。この話者認識法が実用化されれば、近い将来、IDカードがいらなくなるのも夢ではありません。

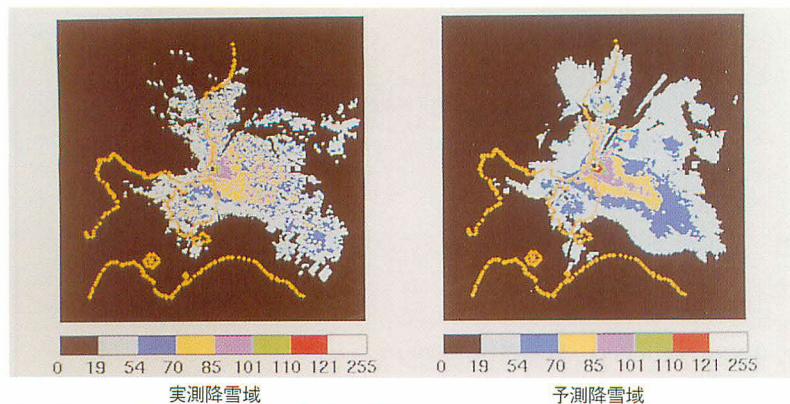
*1 RSA法：マサチューセッツ工科大学の研究者により1978年(昭和53年)に発表された公開鍵暗号の技法。

COLUMN

24ケタの新素因数の発見

NTTは、公開鍵暗号の安全性の検証と暗号解読に必要な計算量を求めるために、素因数分解の高速解法技術を研究してきました。そして、1986年(昭和61年)、従来の手法より60倍以上も高速な手法(高速楕円曲線法)を開発、$2^{713}-1$(215ケタ)の数をスーパーコンピュータで素因数分解し、5時間33分を要して、いままで未知であった24ケタの素因数335203548019575991076297を発見しました。この結果は、世界的に権威のあるアメリカ数学会の素因数分解テーブルに登録されました。

人間の頭脳に接近するコンピュータ

知識、知恵、学習能力をもったコンピュータが人間をアシスト

実測降雪域　予測降雪域
ニューラルネットによる、予測降雪域画像(3時間後)

コンピュータを各業務の専門家にした「KBMS」

エキスパートシステム(ES：Expert System)は、専門家の知識をコンピュータに与え、専門家が行う診断・判断と同等の処理をコンピュータに行わせようとするシステムです。医療、経営、故障の診断など、その適用分野には幅広いものがあります。

従来、ESの構築には専門知識をもつナレッジエンジニアの介在が必要でした。しかし、NTTが1986年(昭和61年)に開発した「ES構築支援システム(KBMS：Knowledge Base Management System)」は、ユーザ自らがESを構築するための強力なツールです。1988年(昭和63年)～1989年(平成元年)にかけ、入力作業をより効率化する表形式入力機能を始め、多彩な機能を装備したことにより、システム構築の効率化、期間の短縮化などを実現しました。また、1992年(平成4年)には、従来のLISP言語(*1)に加えて広く一般に普及しているC言語(*2)によるKBMSを開発し、ワークステーションやパソコン上でESの開発が容易になるなど、現在まで進化を続けてきました。

この間、KBMSを用いてNTTで開発・運用している主なESは、保守運用業務における交換機などの故障診断を始め、営業販売業務、社内業務などにおいて約20種類にも上り、お客さまへのサービス向上と業務の効率化に貢献しています。また、大手建設会社や自動車メーカなどにも導入され、建設工法の選定や組み立てラインのスケジューリングなどに活用されています。

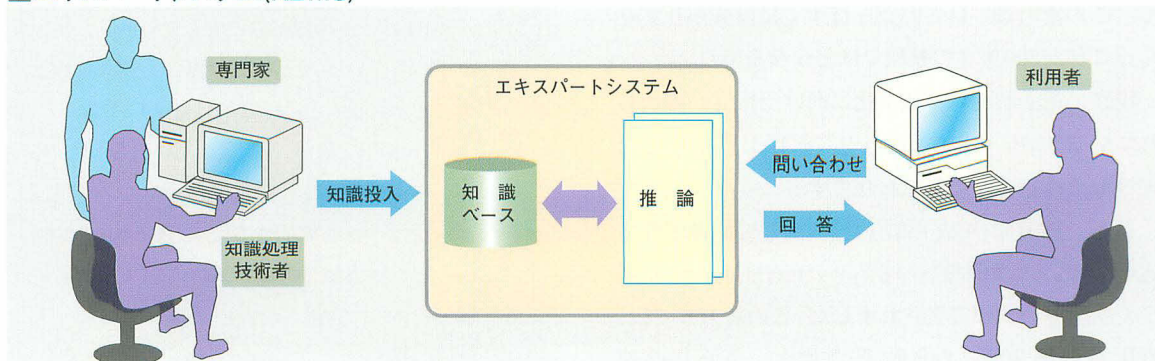
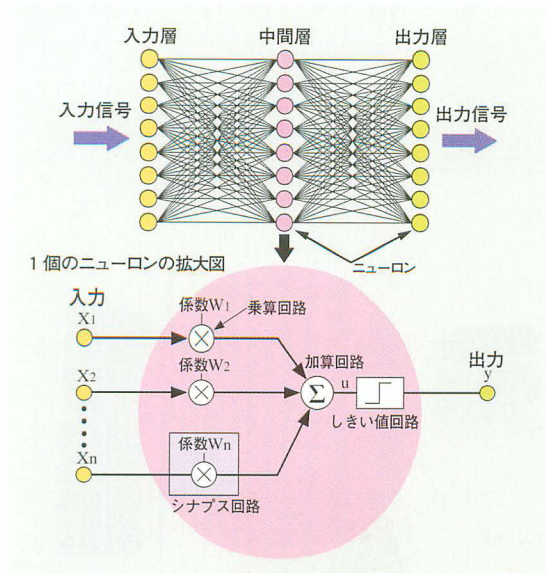
学ぶたびに賢くなる「ニューラルネット」

コンピュータに学習機能を導入するために考案された、「ニューラルネット(人工神経回路網)」は、脳の神経細胞をモデル化したもので、これからの知的情報処理の基盤となる重要な技術です。NTTは、ニューラルネットの研究を早くから進めてきましたが、1993年(平成5年)に、ハイブリッド処理(学習とパターン解析の混在処理)を高速で行える学習素子、ニューロセッサ(Neurocessor)を、翌1994年(平成6年)には高速処理を実現する新ニューロチップ(ニューラルネットを集積化したLSI)のアーキテクチャを開発し、小型で経済的なニューラルネットシステムの実現に大きく歩を進めました。

たとえば、1993年(平成5年)12月には、データベースのなかから、ユーザが希望する文書を高い精度で探し出す文書連想検索システムを、1995年(平成7年)7月には、気象レーダから得られる雲の動きを自動学習させることで、局地的かつ短時間の気象を予測できる降雨・降雪予測システムを開発しまし

*1 LISP言語：AIシステム開発に多く用いられてきたプログラミング言語の1つ。記号処理に適した特徴とプロトタイピングが容易であることから生産性が高い反面、走行環境として多くのメモリが必要、処理速度が遅いなどのデメリットがある。

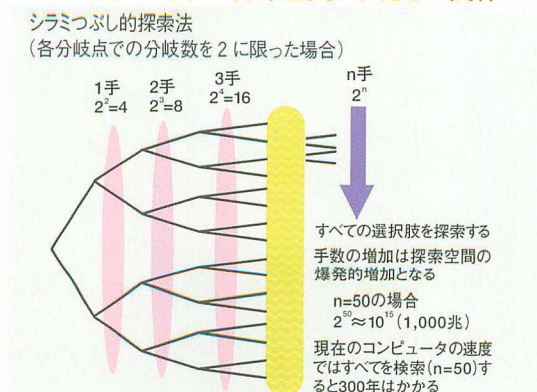
*2 C言語：アメリカのAT&T社が開発したコンピュータ言語。ワークステーションのOS(基本ソフト)で注目されているUNIXはC言語で書かれている。

■エキスパートシステム(KBMS)

■代表的なニューラルネットシステム

た。このシステムでは、ニューラルネットが試行錯誤した時に、学習を効率的な方向に修正する高速化学習アルゴリズムを開発し、未学習の気象パターンにも応用動作を可能にする汎化技法を導入したところ、予報的中率が従来の2倍にアップすることを確認しました。地域に密着したきめ細かい気象予報が得られるこのシステムは、野外でのスポーツやイベントの開催、農薬散布のタイミングなど、さまざまな分野での利用が期待されています

手数の多い詰め将棋を高速で解く「アルゴリズム」

コンピュータにとって、人間の知恵に相当するのがアルゴリズムです。いわば、“数式を解くうまい手順を思いついた”といった場合の“うまい手順”のことです。NTTは、さまざまなアルゴリズムの研究に取り組んでいますが、1993年(平成5年)1月に発表した探索アルゴリズム「動的最良優先法」は、ユニークなものの一つです。

探索アルゴリズムとは、ツリー(“解”が存在する探索空間)のリーフ(枝先の葉)にある“解”を探していく手順のことです。これまでは、一つひとつのリーフを丹念に探索する手順をとっていたため、ツリーが多く複雑になるほど膨大な計算量となり、大型コンピュータでも短時間(実効的な時間内)で計算することが困難でした。そのため、熟練者が判断するように、効率的に“解”を探索できるアルゴリズムが求められていました。動的最良優先法は、探索しているリーフに“解”がないと判断できる時には過去の判断を修正し、次に探索すべきリーフを動的に選んでいきます。これを用いて詰め将棋を解くプログラムを作成し、江戸時代から昭和までの名作200題(「続・詰むや詰まざるや」)に適用しました。手数の

■詰め将棋の手数と探索空間の大きさの関係

多い問題も高速で解くことができたばかりでなく、出題者が意図しなかった“解”を15題発見し、そのうちの8題はまったく未発見のものでした。1994年(平成6年)5月には、同じアルゴリズムで、一般的にはまず解くことのできない611手の問題もたちどころに解いています。現在は、さらに、人間の知的処理に近いアルゴリズムの開発に取り組んでいるところです。

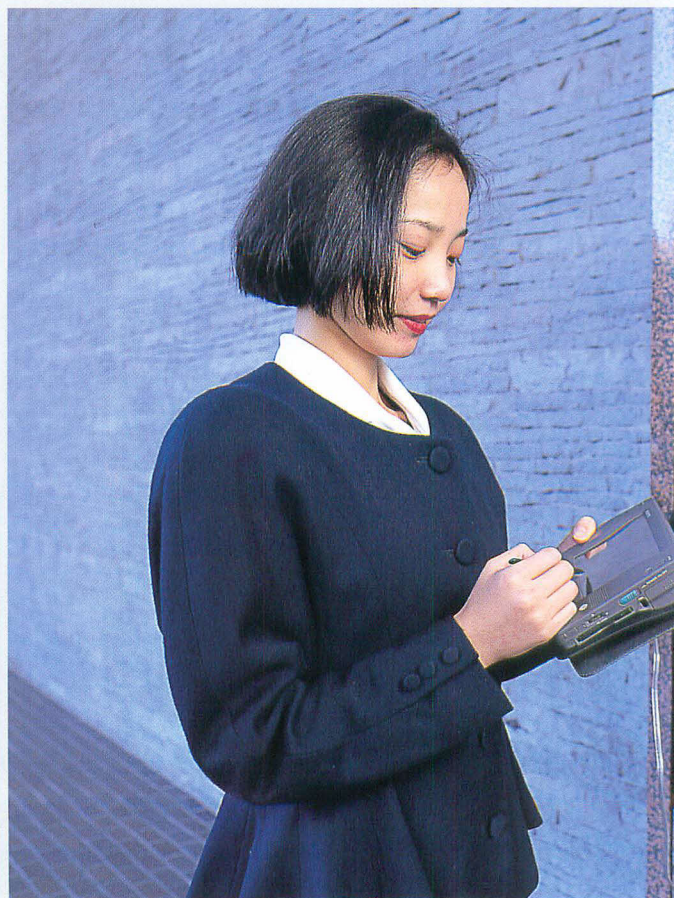
中規模図書館クラスのマルチメディアデータベース

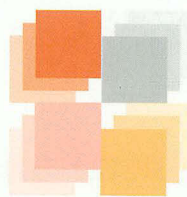
知的処理を行うためには、膨大な情報をコンパクトに入れる記憶装置が必要不可欠です。NTTは、1991年(平成3年)2月に、書き込み速度が1.57メガバイト/秒と従来よりも1ケタ向上させた130mm径光磁気ディスクドライブと、これを多数搭載した高速大容量光記憶システム「光MSS(Mass Storage System)」を開発しました。記憶容量は最大で1テラ(1兆)バイトです。これは書籍に換算すると約10万冊分、中規模図書館の蔵書が収まるほどの大容量です。これまでにVOD(Video On Demand)や大量データの高速バックアップなどに利用されています。光磁気ディスクは、近く4倍の密度の国際標準化も予定されており、光MSSは、さらに小型・大容量化され、マルチメディアデータベースとして中心的な役割を果たしていくと思われます。

高速大容量記憶システム「光MSS」

光MSSを搭載した装置(小型)

衛星パーソナルマルチメディア通信サービスの実験(VI&P総合実験)

NTTディジタルコードレスホンのラインアップ

“街角の情報コンセント”ディジタル公衆電話を利用したデータ通信

パーソナル化

いつでも、どこでもリアルタイムコミュニケーション

NTTの目指すコミュニケーションの一つが、「パーソナル化」。いつでも、どこにいても、望む相手とコミュニケーションができることです。多様な通信手段の開発とディジタル化によって利便性を高めてきました。

街角でのパーソナル化を実現し、長い歴史をもつ公衆電話は、いまやディジタル化された蓄積技術や遠隔保守技術を採り入れて、ISDNサービスを提供する"街角のマルチメディア端末"へと進化しています。また、外出中の人の呼び出し用に開発されたパーソナル移動通信端末の第1号のポケットベルは、メッセージの伝達をも可能にしました。家庭でのパーソナル化を実現したコードレス電話は、良質な音質と高い秘話機能によって日常生活の必需品となっています。

「線からの解放」という夢を現実のものとした携帯電話・自動車電話には、電波の有効利用技術、LSI化など通信端末の小型化技術、ID確認のためのデータベース技術などが集約されています。そして、より経済的な通信システムの構築によって誕生したのが簡易型携帯電話PHSです。PHSはいま、パーソナルコミュニケーションの裾野を大きく広げながら、"1人1台のマルチメディア端末"の先陣を切っています。

パーソナルホンの出現

多彩な技術に育てられ、「電話」からついに飛び立った「コードレスホン」

パーソナルな空間を自由に移動、秘話機能も充実

コードレス電話が試作品として初めて姿を現したのは、1970年(昭和45年)の日本万国博覧会(大阪)です。10年後に商用化されましたが、家庭に広く普及するようになったのは、1987年(昭和62年)の電波法改正によるコードレス電話機の自由化以降です。翌年、NTTのハウディ・コードレスホンを始め、各メーカが多くの機種を家庭向けに販売開始しました。

電話をかけながら家のなか、庭先など、およそ100m以内ならどこでも自由に歩きまわることのできるコードレス電話。かつては玄関や茶の間といった一家のパブリックスペースに鎮座していた電話が、パーソナルな空間を自由に移動できるようになりました。その新しい便利さが、若い人々を中心に人気を呼び、爆発的なヒット商品となり、新たな電話文化を生みだしました。

コードレス電話の商品化には、従来の無線技術とともに、新たに開発した無線識別番号(無線ID：IDentification)方式が役立っています。無線ID技術は、親機と子機のセットごとにIDをつけ、これをチェックすることで、接続してよい組み合わせかどうかを判別する仕組みになっています。また、無線は使用できる周波数が決められていることから、その周波数を有効に利用するための技術も採り入れられています。当初は、利用場所に応じて、あらかじめ使用チャネルを割り当てるシングルチャネル方式でしたが、コードレス電話の普及、拡大に伴って、複数のチャネルを多数のお客さまが共有し、必要に応じて、それぞれのチャネルを選択するマルチチャネルアクセス方式を開発しました。

一方、コードレス電話が広く普及するようになるころ、盗聴という予想外の問題が起こりました。親機と子機間の送受信の電波は、FMラジオと同様の方式(周波数帯は別)を採用していたために、周波数を合わせられる受信機があれば傍受が可能でした。

この対策として、盗聴防止機能付きタイプを開発し、1991年(平成3年)1月にハウディ・コードレスホン パッセS-100Aとして発売しました。盗聴防止機能(スクランブル方式)は、音声に特殊処理を施す回路を付加することにより実現しています。これ以降、NTTのコードレスホンは、このスクランブル方式を標準装備としています。

ディジタル商品の登場で、さらに機能アップ

1994年(平成6年)8月に、音質の向上と秘話機能の性能アップのニーズにこたえて、新しいディジタル方式のディジタルコードレスホンDC-R2000を発売しました。

アクセス方式には、通信チャネルを時間分割して送受信を行うマルチキャリアTDMA(Time Division Multiple Access)方式を採用し、1台の親機で複数の通信チャネルを同時に使用することが可能になりました。つまり、同時に複数の子機が使えるということです。

伝送方式には、上り(子機から親機への送信)と下り(親機から子機への送信)の双方向を同一の周波数としたTDD(Time Division Duplex)方式を採用し

ハウディ・コードレスホン パッセS-100A

ディジタルコードレスホン DC-R2000

■ディジタルコードレス電話の開発動向

1980　1985　1990　1995年

ヨーロッパ

CT-2：
開発本格化
イギリス標準
「テレポイント」サービス開始
「テレポイント」サービス中止
「Bi-Bop」サービス（フランス）
NWインタフェース（フェーズⅠ）
GSMとの共用端末
1996年後半予定

DECT：
ディジタルコードレス電話の開発・標準化開始
ETSI標準化
エアインタフェース標準化（GAP）
1995年11月
公衆サービス開始
1997年以降

日本

アナログコードレス電話：（参考）
アナログコードレス電話の自由化
PHS標準化開始（電気通信技術審議会、RCR）
1995年11月
PHSインターネットアクセスフォーラム発足
1996年春
PHS-MOUグループ発足

ディジタルコードレス電話：
次世代の携帯電話システムに関する調査研究会
PHS標準化
サービス開始
PHS標準化 1996年12月
（RCR STD-28 Ver2
データ通信に関する標準化でエアインタフェースのみ、WLL）

アメリカ

UDPC（ベルコア）：
構想発表
報告書まとめ
検討中

PCS（パーソナル通信）の実験等：
PCSの実験開始
FCC、PCSへの意見調査
周波数オークション（A、B、Cブロック）
サービス開始（APC社）

PHS：簡易型携帯電話
RCR：電波システム開発センター
ETSI：ヨーロッパ電気通信標準化協会
FCC：アメリカ連邦通信委員会
GSM：汎欧州ディジタル自動車電話方式
WLL：ワイヤレス・ローカル・ループ

ています。またアナログ方式では、上りと下りが別の周波数なので、子機と子機間で通話をする場合は親機を経由しなければなりませんでしたが、TDD方式は子機間の直接通話を実現しました。

そして変調方式には4相位相変調（QPSK：Quadrature Phase Shift Keying）という周波数利用効率の優れた方式を採用しました。また音声符号化方式として、通信品質がよく、その品質を保ったまま高度な秘話機能を実現できる32kbit/sの適応差分PCM（ADPCM：Adaptive Differential Pulse Code Modulation）方式を採り入れています。

アナログ方式では、子機が親機から離れるに従って音質が低下してしまいましたが、これらの新方式の開発により、離れても有線の電話機に匹敵するクリアな音を保てるようになりました。同時に、盗聴防止機能も格段に向上しています。子機と子機の間で直接話をすることができるので、屋外でトランシーバとして使うことも可能になりました。

さらに、コードレス電話が多く使われるに従い、もっと遠くへ持ち出して使いたいというニーズが高まってきました。この要望にこたえて生み出されたのが簡易型携帯電話（PHS：Personal Handy phone System）です。PHSを支えるさまざまな技術には、ここに紹介した技術開発の成果が引き継がれています。

1995年（平成7年）7月に、PHSが登場し、コードレス電話も、従来のディジタルコードレス電話をPHS対応型に改良し、新たにピエットシリーズとしてラインアップに加えました。

社会のパーソナル化の要望にこたえて生まれたコードレス電話は、技術革新に支えられ進化し続けています。

PHS対応のディジタルコードレスホン　ピエットS100-Sセット

街角のパーソナルコミュニケーションツール

赤からグレーへ、色も変われば進歩もいろいろ

グレーの色はハイテク色、「ディジタル公衆電話」登場

街角のパーソナルコミュニケーションツール、公衆電話。現在、日本全国におよそ80万台が設置されています。赤電話、青電話の登場が1953年(昭和28年)、百円硬貨も使える黄電話が現れたのが1972年(昭和47年)でした。公衆電話で使われている主な技術には、交換機からの信号を受けて課金を行う課金処理技術、また、災害などの停電時でも商用電源を必要とせずコインを識別できる、NTT独自の硬貨選別技術があります。

緑色のカード式公衆電話の第1号が登場したのは、1982年(昭和57年)12月でした。その普及に合わせテレホンカードも急速に普及し、いまや年間4億枚以上を販売しています。カードの磁気情報書き込み・読み出し技術、残り度数に応じてパンチ穴をあける技術も、NTTが独自に開発したものです。

第1号のディジタル公衆電話

緑色を基調としながらハイテク感のある、表示パネル付きの公衆電話が街角に姿を現したのが1990年(平成2年)3月です。全国に1,000台設置された「ディジタル公衆電話」の第1号でした。翌年、サービス総合ディジタル網(ISDN：Integrated Services Digital Network)対応であることをはっきりとアピールするため、ボディをグレーに変更した改良型を出し、本格的なデビューとなりました。

通信ネットワークのディジタル化の進展と、コンピュータのダウンサイジングによるノート型パソコンを始めとする携帯情報端末の台頭、さらに、個人の情報装備化の流れのなかで、“情報をいつでも、どこでも、発信し、受信したい”というニーズにこたえるため、ディジタル公衆電話は誕生しました。

ディジタル公衆電話は、その名の通り、回線をISDN対応とし、多機能化、高付加価値化、さらに保守の効率化、簡便化といった、多くのディジタル技術を搭載した公衆電話です。

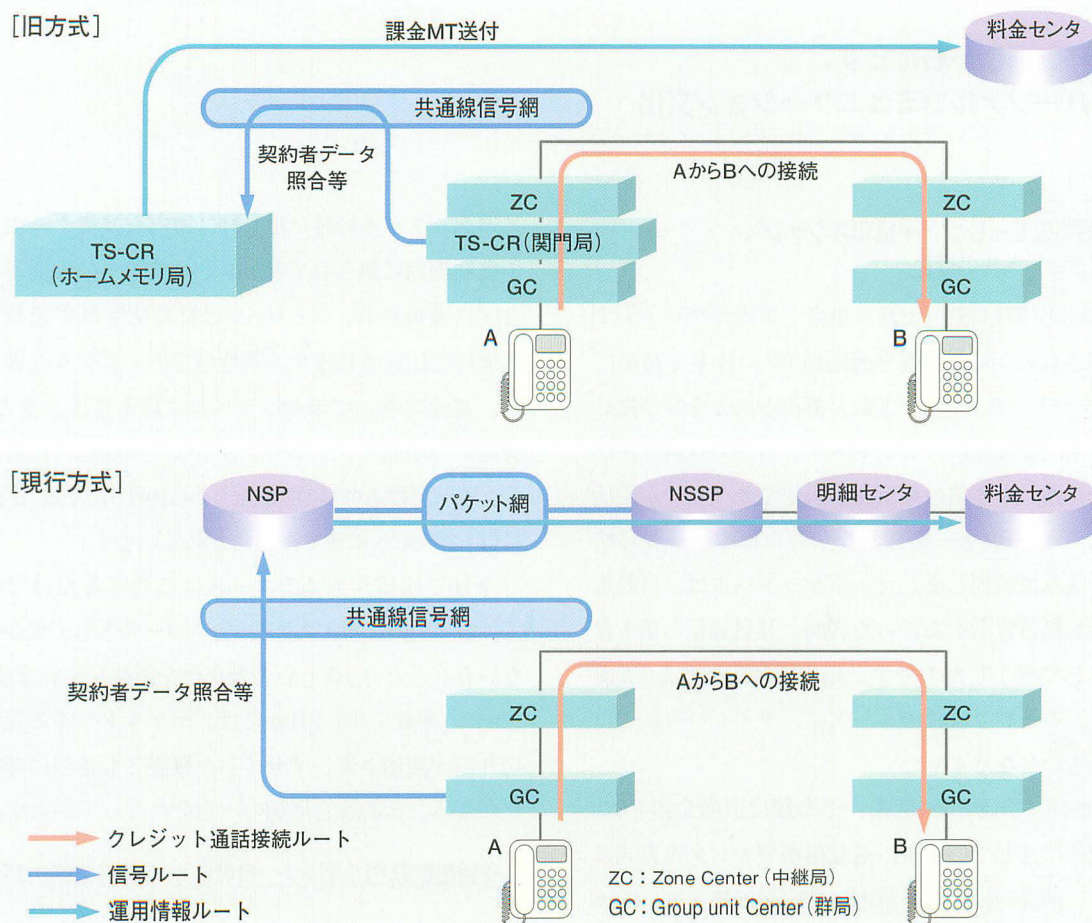
緑色のカード式公衆電話

1台2役“街角の情報コンセント”

ディジタル公衆電話は、ISDNサービスのINSネット64を使っています。ノート型パソコンなどの携帯端末を接続して、データ通信やファクシミリとの通信も可能であり、受話器で話をしながら同時にデータ通信もできるという1台2役をこなします。いうなれば、“街角の情報コンセント”なのです。そのほかにも、より便利に使っていただくため、受話器を置いたままでダイヤルできるオンフックダイヤルを始め、カードを入れ直さずに、ボタン1つで再発信可能なダイヤルリセット機能など、従来にない多彩な機能を搭載しています。

ディスプレイ表示が見づらい方のために、音声技

新型ディジタル公衆電話からのデータ通信

■クレジット通話の接続の構成

術も採り入れており、テレホンカードの残り度数を画面表示だけでなく、音声でも知らせるようになっています。また音量の調節もボタン1つでできるなど、使いやすい配慮がしてあります。

公衆電話の大きな課題は、故障した時に迅速に修理し、いつでも使える状態にしておくことです。このためディジタル公衆電話は、遠隔監視システムと結び、故障時のきめ細かな自動診断とその結果に基づき速やかに故障修理の手配を行っています。

また、従来のサービスの機能追加は、プログラムを記憶させたメモリチップ(ROM)の交換で行っていたため、機能追加があるたびに1台1台取り換えなければなりませんでしたが、遠隔で制御プログラムを書き換えるリモートメンテナンス技術によって、作業効率を大幅にアップしています。

「NTTカードC」も、ディジタル方式に

外出時に小銭の持ち合わせがなくても公衆電話が利用できるように開発したのが、1981年(昭和56年)7月にスタートしたクレジット通話サービスです。交換機に契約者データを収容するホームメモリ局と、契約者データを照合し、電話をつなぐ関門局を設け、本人確認をして課金処理を行うネットワーク技術を用い、公衆電話を使いながら通話料は加入電話の使用料と一括して後払いするサービスです。

1990年(平成2年)4月には、便利なカード式のサービス「NTTカードC」の販売を開始し、1995年(平成7年)6月には、カードを入れると指定した通話先1ヵ所に自動的にダイヤルする機能をプラスした「NTTカードC・プラス」も開発・販売しました。

1994年(平成6年)2月には、網サービス制御局(NSP：Network Service control Point)などによるインテリジェントネットワークを利用して、料金明細サービス、料金割引サービスの提供も可能となりました。

テレホンカードやNTTカードCには「切り欠き」が入っています。目の不自由な方が、電車やバス、ショッピングなどで利用する時、ほかのプリペイドカードと判別ができ、公衆電話機への挿入方向も分かるようにと、社員の提案で採用されたものです。

街角のパーソナルなコミュニケーションツールとしての公衆電話は、“話す”ための道具から、“街角のマルチメディア端末”へと成長を遂げています。

NTTカードC・プラス

線からの解放

移動通信がもたらす、パーソナルコミュニケーション文化

“昭和のモーレツ、平成のオシャレ”、ポケットベルの進化

1968年(昭和43年)1月、東京・上野のデパートで開催された「東京都優秀発明展」で、日本で初めて「ポケットベル」が紹介され、外出中の人を呼び出せる画期的な機能に、ビジネスマンの熱い視線が注がれました。半年後に東京23区限定でサービスが開始されると、PRを一切行わなかったにもかかわらず申し込みは殺到しました。ポケットベルは、自動車電話も携帯電話もなかった当時、移動通信の第1世代として誕生したのです。高度経済成長期まっただなか、モーレツ時代のニーズに、タイムリーにこたえたものとなりました。

1994年(平成6年)度末、その数は市場全体で930万契約に達しています。送受信がディジタル方式になり、部品のLSI化が進み、受信機の体積は、サービス開始当初に比べて8分の1とコンパクトになりました。また、サービス内容も充実し、呼び出しのみ(トーンオンリーサービス)から、12ケタまでの数字によるメッセージも送れるようになりました。

■携帯電話・自動車電話のゾーン構成の変遷

ポケットベルの呼び出しは、市内交換機を経由し中央制御局に送られてポケットベル個々の識別番号(ID)に変換され、メッセージは符号化されて複数の基地局に伝達されます。基地局でディジタル変調され、電波に乗ってポケットベルに届きます。また、契約数の増加、メッセージ表示など機能拡大に対応し、送信速度も当初の200bit/sから1989年(平成元年)には1,200bit/sにまで高速化されています。

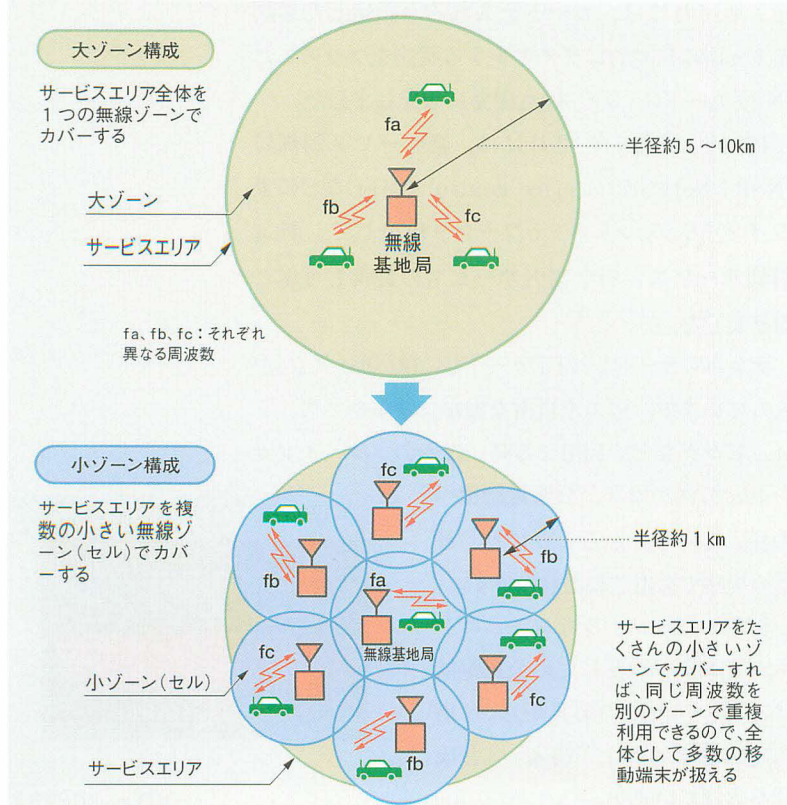
今日ではビジネスのニーズにこたえるだけでなく、若年層のコミュニケーションツールとして欠かせない存在となり、新しい若者文化を創造しています。1995年(平成7年)3月からは、ポケットベルの売り切り制が開始され、デザイン、機能ともさらに多様化が進み、契約数も増加の一途をたどっています。

自動車電話の小型化と、世界最小の携帯電話の誕生

1979年(昭和54年)12月、“線からの解放”が実現しました。記念すべき自動車電話第1号は7kgもの重さでしたが、セル方式によるシステムとしては世界初のものでした。

セルとは、1つの無線基地局でカバーできる無線ゾーンのことで、いくつもセルを並べて、サービスエリアを構成します。隣り合うセル同士は電波干渉による混線がおこらないように異なる周波数にしていますが、通話中に車が移動して隣のセル内に入っても、通話が中断しないよう、電波の受け渡しをするハンドオーバという技術が使われています。

また、小さい出力の電波でも、狭い路地裏や家の奥でも送受信できることが必要で、そのため無線技術の開発と基地局の整備を進めました。さらに、移動する端末の位置登録・検出をスムーズに行う必要

ショルダーホン(左:初期モデル〈1985年9月〉、右:新型モデル〈1988年5月〉)

携帯電話時代のきっかけはmovaの登場（左：携帯電話、右：mova〈アナログ方式〉）

から、データベース技術の開発も欠かせませんでした。

自動車電話を、外に持ち出せるようにコンパクトにし、電池、アンテナと一体化し、肩掛け式としたのが、1985年（昭和60年）9月に登場したショルダーホンです。電話を外に持ち出せることのインパクトは大きかったものの、まだまだ大き過ぎました。1987年（昭和62年）4月に体積500cc、1989年（平成元年）2月には、体積400ccまで小型軽量化した「携帯電話」が登場しました。

移動通信市場での競争が激化するなか、“もっと小さく、もっと使いやすい携帯電話をつくれ”が開発目標となりました。各部品の必要最小限の体積を詳細に分析し、アンテナ部、制御部、電池部など6チームに分かれ、徹底的なLSI化を図り、少しでもムダな空間をなくすことに全力を注ぎました。フィルタと内蔵アンテナは一体構造物とするなど、ギリギリまでの小型化によって1990年（平成2年）12月、ついに、体積150ccの世界最小、最軽量の携帯電話「mova（ムーバ）」が誕生し、携帯電話の爆発的な普及のきっかけとなりました。

ディジタル携帯電話の登場

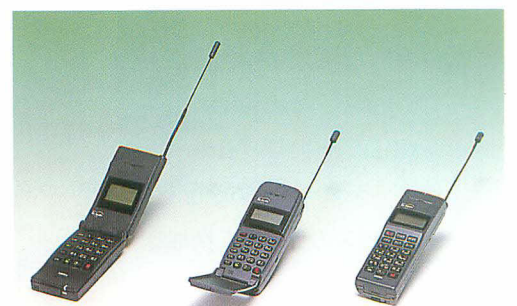
携帯電話の普及に伴い、使用する電波（周波数）が不足する恐れが出てきました。そこで1988年（昭和63年）、無線ゾーン半径を小さくし（小ゾーン化）、1990年（平成2年）には1無線基地局でカバーする無線ゾーンを複数に分割（セクター化）することにより、1つの周波数をより多くのゾーンで使えるようにしました。

しかし、それでも需要に追いつけない状態でした。そこで、ディジタル化による電波の有効利用方式が開発されました。同じ周波数を時間分割して使う時分割多重（TDMA：Time Division Multiple Access）方式と音声の高能率符号化方式です。

TDMA方式とは、各無線基地局が同一の周波数を用い、各無線基地局が送信すべき時間を分割して使用する多重接続方式です。

高能率符号化方式とは、あらかじめ音声をいくつかの音素に分け、それを少ない情報量で効率的に表現したデータを送り、届いた先で、そのデータに基づいて声を組み立て、その人の声に似せるという技術です。この方式は、アナログ方式に比べ雑音に強い特性を有しており、通話品質の向上に貢献しました。NTTは、ベクトル和励起線形予測（VSELP：Vector-Sum Excited Linear Predictive coding）という高能率符号化方式を開発しました。VSELP方式は、標準方式として、「ディジタル携帯電話」に導入されています。

現在では、さらに研究を進め、ハーフレート（VSELPの半分の情報量）のピッチ同期雑音励振源-コード励振線形予測符号化（PSI-CELP：Pitch Synchronous Innovation-Code Excited Linear Prediction）方式を開発し、1995年（平成7年）12月から導入しています。この技術により、これまでの電話1通話分の周波数で、10通話分の処理が可能となり、急速に拡大する市場に十分対応できるようになりました。

通話の高品質化と低価格化を実現したディジタル携帯電話は、これまでのアナログ方式に代わるものとして急速に普及してきています。

mova（ディジタル方式）

PSI-CELPの実験風景

究極のパーソナルモビリティを目指して

有線、無線の網の目がとらえる
私の電話、私のサービス

ディジタル化技術と無線アクセス技術の融合「PHS」

マルチメディア時代におけるパーソナルコミュニケーションツール「簡易型携帯電話（PHS：Personal Handy phone System）」が、1995年（平成７年）７月に登場しました。

PHSは、ディジタルコードレス電話の子機を携帯電話のように街のなかでも使えるようにする新しいコンセプトのシステムです。ディジタル化によるネットワークのインテリジェント化と、無線アクセス技術の融合によって可能になった世界で初めての画期的なシステムです。

移動通信では、お客さまがどこにいようと、常にその位置を追跡し、記録している必要があります。したがって、高度に制御されたネットワークが欠かせません。これには、インテリジェントネットワークサービスでも使われている網サービス統括局（NSSP：Network Service Support Point）と、網サービス制御局（NSP：Network Service control Point）がその役割を果たしています。

無線アクセス技術では、PHS端末基地局間の電波のやりとりに双方向で同じ周波数を使うTDD（Time Division Duplex）方式と、複数のPHS端末が時間差をつけて同じ周波数を使うTDMA（Time Division Multiple Access）方式を採用しています。これらの技術によって、PHS端末は無線アクセス部分を簡素化し、より小型化を実現するとともに、電波の有効利用が可能です。

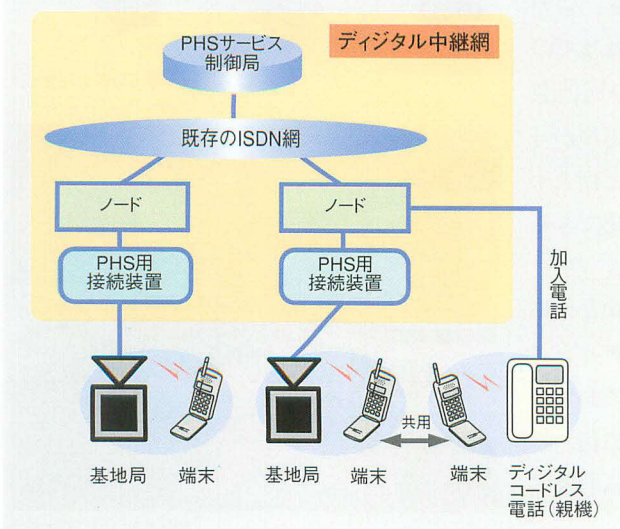
また、PHSは携帯電話と同様に、一定範囲の無線ゾーンをつくり、同一周波数の電波を繰り返し利用する方式をとっています。携帯電話では半径約１～数kmの無線ゾーンという独自の専用網を設けているのに対し、PHSは公衆電話ボックスなどに設置された無線基地局ごとに、半径約100～300ｍの小ゾーンをつくり、無線基地局から交換機までのアクセス回線は、既存のISDN回線を活用した経済的なシステム構成をとっているところに大きな特徴があります。

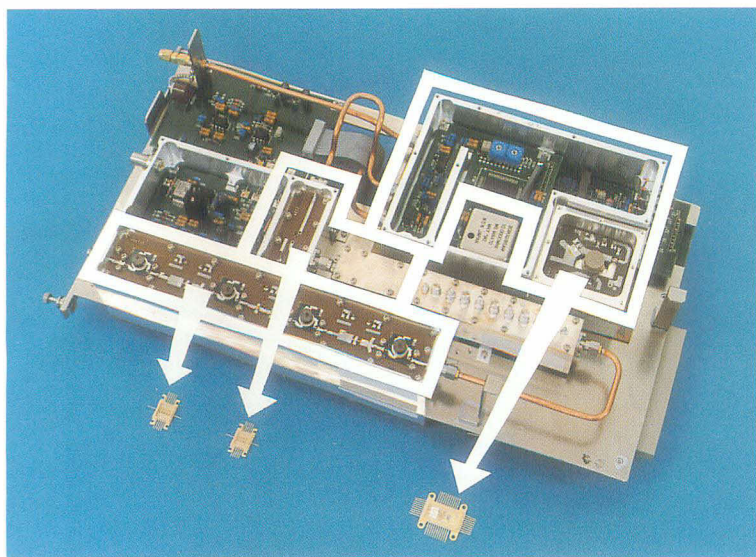
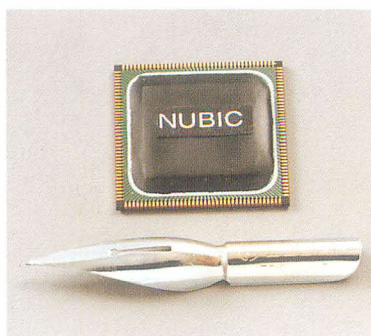
小ゾーン化によって、電波の有効利用を飛躍的に向上させると同時に、地下やビル内など、きめ細かなエリアへのサービス提供

PHSの無線基地局

PHS端末のラインアップ

■PHSサービスのシステム構成図

ディジタル中継網
PHSサービス制御局
既存のISDN網
ノード
ノード
PHS用接続装置
PHS用接続装置
加入電話
共用
基地局　端末　基地局　端末　端末　ディジタルコードレス電話（親機）

■携帯電話・自動車電話とPHSの比較

	携帯電話・自動車電話	PHS
１無線基地局当たりのサービスエリア	半径約１～数km	半径約100～300m
利用可能エリア	都市内全域と主要鉄道・道路沿い	都市内（中心部は面的で、その他は地下・ビル内等スポット的）
網構成法	独自網	既存のISDN網を有効利用
ハンドオーバ可能速度	高速度	歩行速度
周波数帯	800MHz、1.5GHz	1.9GHz
送信出力（無線基地局）	数百mW～数十W	500mW以下
基地局の容積比率	1	約200分の１以下

ユニプレーナ型MMIC技術で１チップ化に成功

PHS用超低消費電力LSI

を可能としています。

１チップ化で実現した小型化

PHSの実用化に向けた最大の課題は、端末機の小型化と省電力化でした。NTTは、超小型のモノリシックマイクロ波集積回路（MMIC：Monolithic Microwave Integrated Circuit）とPHS用超低消費電力ベースバンド統合LSIの開発により、課題解決を図りました。

MMICは、アナログ信号である電波の出入口で、周波数変換や増幅器の役割を担うICです。トランジスタなど多くの素子を１チップに集積化するとともに、基板の片面だけを使ったユニプレーナ型を実現したのも画期的でした。従来の受信機に比べ10分の１以下に小型化でき、量産にも適しました。開発当時（1989年〈平成元年〉）は市場ニーズが少なく、PHSの登場とともに脚光を浴びるようになりました。

統合LSIは、アナログ信号をディジタル信号に変換し、制御を行うためのものです。それまでPHS用に開発していた５種類のLSI機能ブロックを“１チップに統合”しました。演算処理の簡略化や最適な回路設計などで省電力化し、さらにリチウムイオン電池の利用によって、端末の通話可能時間をそれまでの２倍にすることができました。

ディジタル方式を採用したPHSは、高速データ通信との親和性に優れています。無線区間の伝送速度は32kbit/sと高速で、しかも電波の伝搬距離が100～300mと短いために、データの劣化が少なく、高品質であるなどデータ通信に利用するための好条件を備えています。このため、PHSは、ハンドヘルドコンピュータや携帯情報端末に接続して使用するマルチメディア通信端末として大きな力を発揮するものと期待されています。

無線ICカードでキャッチ「追跡電話サービス」

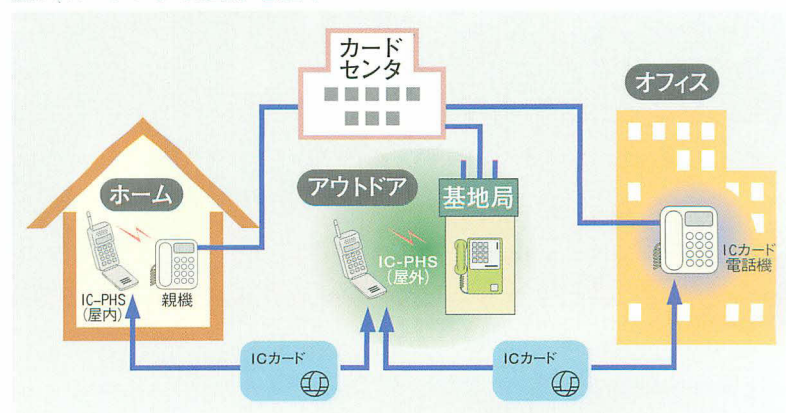
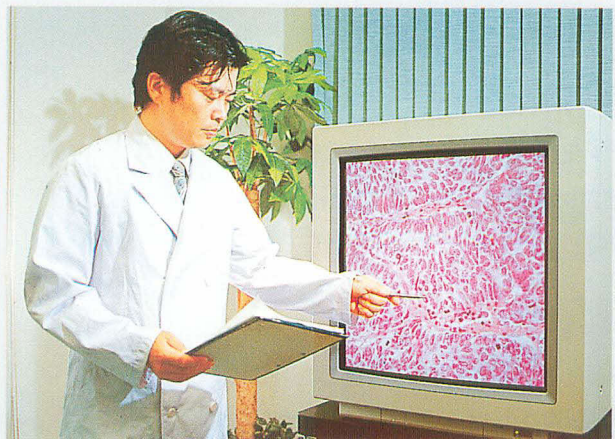
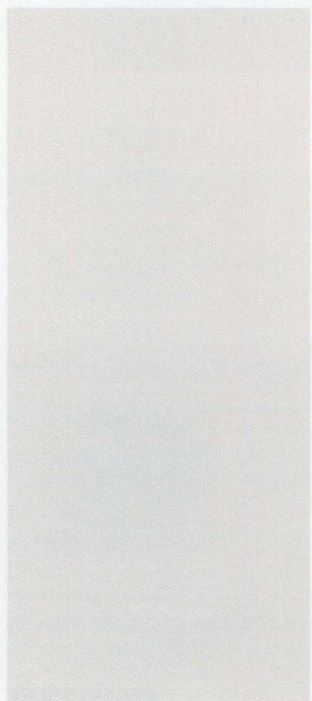
通信のパーソナル化のニーズが限りなく進展するなかで、現在開発中の「追跡電話サービス（仮称）」は、パーソナル化への新しいアプローチとして期待されているものです。

これは、ICカード１つで、いつでも、どこでも、コミュニケーションがとれるサービスです。外出先のICカード付きPHSや電話機へICカードからパーソナル番号を読み込ませれば、その端末が利用者のパーソナル番号をもった端末となります。パーソナル番号をダイヤルすると、ネットワークがその番号を追跡し、利用者の位置を検出するため、所在が分からなくても連絡がとれるというものです。

現在、追跡電話サービスは、1995年（平成７年）５月から開始したVI&P総合実験（フェーズⅢ）のパーソナルマルチメディア通信（PMC）サービス実験のなかで、検討が進められています。

マルチメディア通信端末の“１人１台時代”は、確実に近づいてきています。

ICカード付きPHS端末

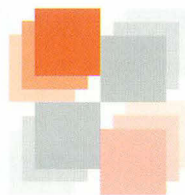
■ICカードによる追跡電話サービス

超高精細画像による遠隔医療診断(VI&P総合実験)

遠隔教育の新しいスタイル(オンラインユニバーシティ)を実現するビデオ・オン・デマンド

マルチメディア一色の「コミュニケーション東京'95」

多地点在席型会議システム
(VI&P総合実験)

マルチメディア化

自宅に居ながら受けられる個人レッスン
(VI&P総合実験)

21世紀の高度情報化社会への架け橋

NTTは、1994年(平成6年)1月に、『マルチメディア時代に向けてのNTTの基本構想及び当面の具体的取り組みについて』を発表し、この年を「マルチメディア元年」として、新しい高度情報化社会の創造を呼びかけました。

これとともに、日本の社会全体でマルチメディア化を進めるために、情報提供者、メーカ、ユーザ、国立研究機関などの広範な参加による「マルチメディア通信の共同利用実験」を開始。超高精細画像技術などの独自技術を駆使しつつ、個々の具体的な利用技術の開発を支援しています。また、ユーザ端末のソフトウェア開発などにおいて国内外の企業と積極的に技術提携を進め、NTT独自のノウハウとの有機的な結合を図っています。

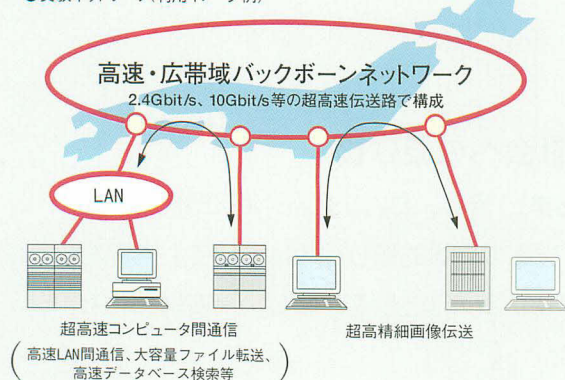
マルチメディアの基盤となる技術は、ディジタル化した膨大な情報を超高速に伝送できる超高速光伝送技術、多様(マルチ)な情報をフレキシブルに交換・伝送処理するATM技術などのネットワーク技術です。これらを自在に利用する技術と相まって、新サービスが次々に誕生しつつあります。

NTTは、ユニバーサルサービスとしての電話事業を根幹としながら、「マルチメディアのNTT」へと大きく飛躍していきます。

マルチメディア時代への確かな一歩

ネットワーク、ユーザ設備、ソフトウェアの調和ある発展と相互の連携による
新しい利用方法、利用技術(アプリケーション)の開発・創造

マルチメディア通信の共同利用実験

NTTは、全国規模の「マルチメディア通信の共同利用実験」を、2年6ヵ月(1994年〈平成6年〉9月〜1997年〈平成9年〉3月)にわたって行っています。来るべきマルチメディア時代に不可欠なネットワーク、ユーザ設備、ソフトウェアの調和のとれた発展と、相互の連携によって生まれる新しい利用方法、利用技術(アプリケーション)の開発・創造を目的とするものです。また、こうしたアプリケーションに対応できる今後のネットワークの構築技術・管理技術の確立も目指しています。

この実験には、新聞1年間分の情報を1秒で送ることが可能なギガビットクラスの高速・広帯域バックボーンネットワークを活用した2種類の実験(高速コンピュータ通信利用実験、一般利用向けマルチメディアネットワーク利用実験)と、CATV映像伝送等利用実験があります。

「高速コンピュータ通信利用実験」は高速LAN間通信や大容量のファイル転送など、156Mbit/sのアクセス回線を使って従来の通信回線では実現できなかった、超高速通信の利用方法や新しいコンピュータ通信のアプリケーションの創造を目指すものです。

「一般利用向けマルチメディアネットワーク利用実験」は、最大156Mbit/s のアクセス回線を使って、ニュース・オン・デマンドやオンラインショッピングなど、ビジネスから家庭生活まで広く一般の利用を想定した新しいマルチメディアのアプリケーションの開発・創造を目指すものです。

「CATV映像伝送等利用実験」では、住宅向けの映像通信サービスとして、光ファイバケーブルを利用した双方向通信の利用方法や新たなアプリケーションの開発を目指しています。

多種多様な実験メニューを支える技術

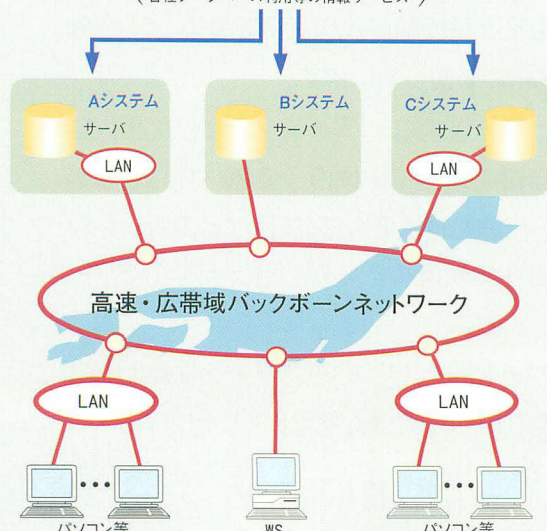
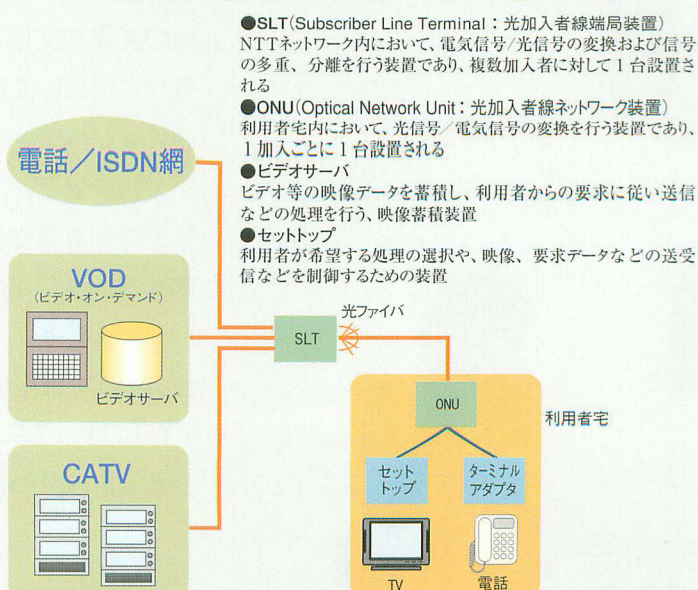
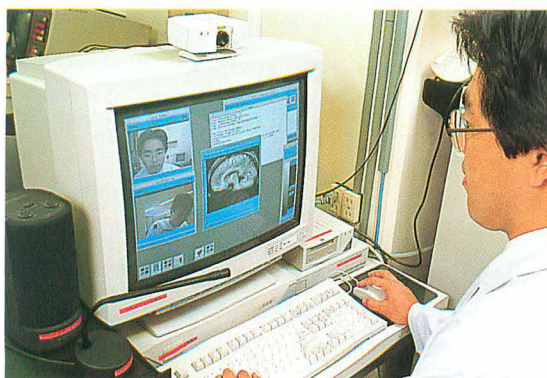
「マルチメディア通信の共同利用実験」にテストベ

■高速コンピュータ通信利用実験

■一般利用向けマルチメディアネットワーク利用実験

■CATV映像伝送等利用実験

医用画像情報処理システムの実験

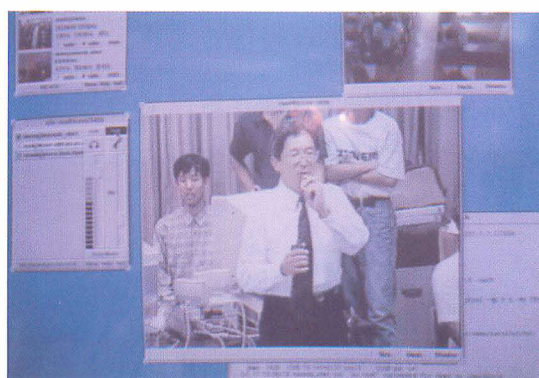
オンラインユニバーシティ・プロジェクトの利用画面

ットとして提供している高速・広帯域バックボーンネットワークの主な技術は、光ファイバ技術とATM(Asynchronous Transfer Mode)技術です。光ファイバ技術では、低損失の光ファイバや、光信号を光のままで増幅する光ファイバアンプ、光が拡散しにくいレーザ光源を用い、大量の情報を瞬時に送ることを可能としています。ATM技術は、情報を"セル"と呼ばれる48バイトの情報と、5バイトの制御情報からなるブロックにして送る技術で、ネットワーク上で音声から映像までの情報をそれぞれに適した速度で伝送することができます。これにより多様なマルチメディア情報を同時に効率よく扱うことができます。

新しい利用方法、利用技術(アプリケーション)の創造

高速コンピュータ通信利用実験には、大学や公共の研究機関など13グループの参加を得て、マルチメディアデータベースの構築による研究情報ネットワークの実験や、超高精細画像伝送による遠隔医療診断や遠隔講義、遠隔共同研究など、高度な専門分野でのアプリケーションの実験が行われています。

この実験に参加している東北大学加齢医学研究所では、5つの実験サイトを高速ネットワークで接続、各接続先で得られた各種医用画像を国内で唯一、同研究所が所有する3次元脳図譜システム(*1)に転送し、情報量の多い医用画像のリアルタイムな遠隔利用とデータベースの構築など、脳機能の解明に向けての研究、地域医療における画像診断支援などの実験に取り組んでいます。

一般利用向けマルチメディアネットワーク利用実験には111グループが参加しています。医療、福祉、教育といった公的な分野から、企業の開発、生産、業務効率化やオンラインショッピング、地方自治体による地域生活情報といった日常生活に密着した分野に至るまで、その内容も多種多様です。

このほかにも、遠隔授業やネットワーク上での仮想・共同研究など、教室での授業の制約を超えた新しいスタイルの教育・研究プログラムの創造を目指すオンラインユニバーシティ・プロジェクトを始め、遠隔マルチメディア教育と共同制作を通して、体の不自由な方々の社会参加の支援を目指した熊本ソフトウェア研修センターの実験など、さまざまな分野のアプリケーション実験が行われています。

CATV映像伝送等利用実験は、現在、東京・神奈川・千葉の3地域でCATV事業者と共同で取り組んでいます。家庭向けの映像通信サービスとして、1本の光ファイバを利用した、CATV映像伝送、VOD(Video On Demand)、CATV電話サービスなどの複合利用の実験が行われています。

ここでは、電気信号と光信号の変換や信号の多重、分離を行う光加入者線端局装置(ONU：Optical Network Unit)、セットトップと呼ばれる利用者が見たい番組の選択や、映像・情報などの送受信を制御する装置など、かずかずの先端技術が活用されています。

制御情報と映像情報を同時に家庭に届ける光アクセス技術を活用し、将来的にはVODを使って、フィットネスを始める前に、心拍数など自分の体力データを送ると、自分に合った運動のプログラムが自動的に映し出されるといった双方向型のサービス提供も考えられます。

NTTは、情報通信を通して経済活動をより活発にし、社会生活をより豊かなものにしていく、そのようなマルチメディア時代に求められるネットワーク環境を提供していくために、共同利用実験を積極的に推進しています。

*1 3次元脳図譜システム(HBA：Human Brain Atlas)：脳画像を精度よく変形することによって、被験者一人ひとりの脳形態の差異を画像情報で直接比較できるシステム。

CATV映像伝送等利用実験

グローバル化が生み出すエージェント通信

本人に代わって活躍する
ネットワーク上のエージェント通信サービス「Paseo」

ジェネラルマジック社の技術を導入

NTTは、1995年(平成7年)2月、マルチメディア通信を手軽に体験していただくため、社外の一般の利用者(250人)をマルチメディア通信体験モニタとして、「J-Mail」(仮称)と名付けたエージェント通信サービスを試行実施しました。体験モニタのアンケート結果では、“気軽に楽しくコミュニケーションを図れ、温かみを伝えられる”と、高い評価を得ました。

サービスの内容は、手のひらサイズの携帯情報端末を使って、手書きのメッセージ、音声、簡単なアニメーションなどをオンライン通信でやりとりするネットワークサービスを実際に体験するものです。このサービスは、メールが届いたことをポケットベルで知らせることもできます。パソコンを使った電子メールと比べて、だれでも簡単に操作ができ、バラエティ豊かな表現方法で楽しく、手軽に、いつでも、どこでもメッセージのやりとりができるようにしたものです。これまでにない、マルチメディア時代の画期的なコミュニケーションの“道具”の登場です。

このサービスには、NTTが出資しているアメリカのジェネラルマジック社が開発した、個人情報通信機器向けの基本ソフトウェア「マジックキャップ(Magic Cap™)」と、通信プログラム言語「テレスクリプト(Telescript™)」を使い、ソニー㈱が開発した携帯情報端末を利用しています。

ジェネラルマジック社が開発した技術は現在、マルチメディア通信のための端末、ネットワークを含めたマルチメディア・メッセージング技術として注目されているものです。

NTTは、1994年(平成6年)1月、『マルチメディア時代に向けてのNTTの基本構想及び当面の具体的な取り組みについて』のなかで、「端末ソフトウェアの強化」を大きな柱の1つに掲げました。今回の体験モニタもその一環として行われたものです。コンピュータのダウンサイジング、高機能化などの技術革新や情報ニーズの高度化・多様化によって、情報通信分野ではこれまでになかった新しいタイプのサービスが登場し、グローバル化が進展しています。NTTでは、技術・サービス開発力を一層強化するために、国内外のさまざまな企業との提携を進めています。

オブジェクト指向の通信プログラム言語「テレスクリプト」

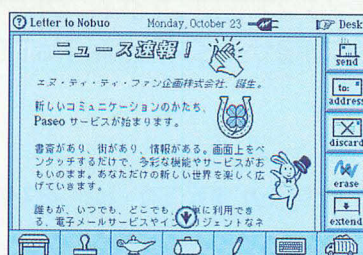
ジェネラルマジック社が開発した「テレスクリプト」は、オブジェクト指向の通信プログラム言語であるテレスクリプトと、テレスクリプトを解釈し実行するテレスクリプト・エンジン(インタプリタ)の2つから構成されています。このテレスクリプトを通信ネットワークに適用することで、エージェント通信という新しい概念のサービスが可能となりました。エージェント通信サービスは、利用者に代わり、テレスクリプトで記述された代理人ソフトウ

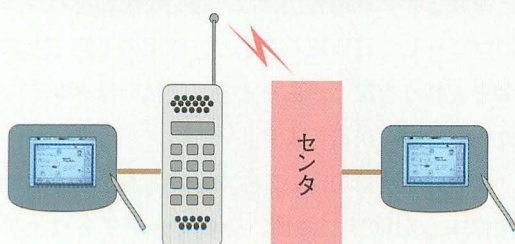
■Paseoサービスの概要

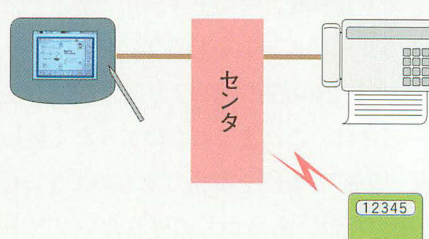
■Paseoのサービスメニュー

メールサービス

グラフィックス、音声、文字、手描きのイラストなどを盛り込んだ楽しいメールを、画面にタッチするだけの簡単な操作で送れる。今後は、インターネットとのメール接続も予定している

情報提供サービス

欲しい情報をワンタッチで入手、利用者の分身(エージェント)が、ニュースや催し物のスケジュールなど、望みの情報を集めたり配ったりするサービスの開発も行っていく

無線アクセスサービス

ディジタル携帯電話や、PHS(パーソナル・ハンディホン・システム)に接続でき、いつでもどこでも通信可能な環境を実現させていく

ポケットベルやファクシミリへの送信サービス

メールが着信すると、利用者のポケットベルをセンタが自動的に呼び出して知らせる。さらにファクシミリへの送信も可能で、連絡を絶やすことがない

ェア“エージェント”が行います。たとえば、“この条件に合うホテルを探して予約を入れなさい”と命令すると、エージェントは、ネットワーク上にあるさまざまなデータベースにアクセスし、ホテルを検索し、空室を探し、予約を行ったうえ、予約結果をエージェント搭載の携帯情報端末の電子手帳に記録してくれます。しかも許可権、アクセス制御といったセキュリティ機能も備えています。

テレスクリプトは、エージェント自身が移動する、電子秘書のような機能をもつこれまでにない新しい技術です。

また、通信ネットワークは、このエージェントに要求する時と、結果を受けとる時だけ使用されるため、きわめて効率的、経済的です。

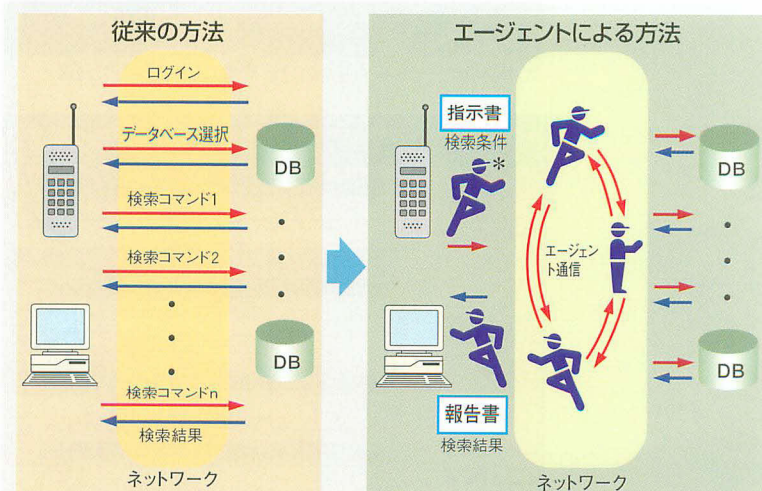
エージェント通信サービス「Paseo」

NTTは、1995年(平成7年)9月に、エージェント通信のノウハウをもつアメリカのAT&T社、端末の技術とコンシューマ向けマーケティングノウハウをもつソニー㈱との合弁で、「エヌ・ティ・ティ・ファン企画㈱」を設立しました。通信のパーソナル化やネットワークの高度化が進むなかで、だれでも、いつでも、簡単に利用できるエージェント通信サービスの事業化が可能かどうか、そのフィージビリティスタディ(FS)のための企画会社として発足しました。

エージェント通信サービスPaseoは、現在情報提供者を募り、メニューの充実を図っています。コンテンツが充実していけば、エージェントを使ったホテル予約なども可能になります。

Paseoはマルチメディアのパーソナル化が進むなかで、エージェント通信サービスの将来を担うものとして期待されています。

エージェント通信サービスPaseo用の携帯端末

■エージェント通信のイメージ(データベース検索)

暗号鍵が開くCD-ROMの世界

マルチメディアを使ったダイレクトマーケティングの幕開け、CD-ROM鍵サービス「miTa KaTTa」

マルチメディア時代の"情報流通・販売"をスタート

大容量の情報を安価に記録し、配布できる媒体であるCD-ROMは、パソコンの急速な普及とともに、その市場を一気に拡大しています。

NTTは、1995年(平成7年)5月に、CD-ROMと電話回線を組み合わせ、マルチメディア情報を流通させるためのサービス「miTa KaTTa」をアメリカのマイクロソフト社との技術提携により開発しました。

このサービスは、これまでにないまったく新しい"情報流通・販売"の手段を開拓したものです。CD-ROMの販売会社は、あらかじめ売りたいソフトウェアをいくつも入れたCD-ROMを、たとえばコンピュータ雑誌の付録などにして、パソコンの利用者の手元に届けます。CD-ROMの情報量は600メガバイトで、フロッピーディスクの600倍、文庫本150冊分に相当し、さまざまなソフトウェアを収めることが可能です。CD-ROMに収められているそれぞれのソフトウェアはデモンストレーション用の部分を除いて、そのままでは利用することはできないように鍵(ガード)がかかっています。利用者がデモンストレーションの内容を見て、買いたいソフトウェアがあれば、販売会社の代行として鍵を保管しているセンタにパソコンでアクセスし、情報使用権(ガードを解く鍵)をオンラインで受信して初めて利用が可能となります。利用方法には、必要な情報をパソコンにコピーして買い取る方法と、使用の1回ごとに料金を支払う方法とがあります。支払いはクレジットカードで即時決済します。

わざわざ店に出向いて行かなくても、パソコンを操作するだけで24時間、いつでもソフトウェアを買うことができます。また、ソフトウェア1種類ずつのCD-ROMが不要になるので、その分の低コスト化が図れます。

ただし、購入に当たっては、クレジットカードでの決済を伴うため、事前に会員登録し、会員番号、パスワードを決めておくことが必要です。

CD-ROM鍵サービス(miTa KaTTa)の端末(パソコン)での利用

クレジットカード入力　QUIT

製品名	金額(税込)	予想暗号時間
Internet Office 3.0J	¥14,800.-	3分 52秒

メインメニュー

UC　JCB　DC　住友VISA　NICOS　オリコ

カード番号

0123456789012345

購入

取消

クレジットカードの入力画面

暗号化でガッチリとガード

このサービスのキーテクノロジは、CD-ROM内の情報を無断で使用されたり、鍵を盗まれたりしないようにするセキュリティの確保です。

CD-ROM内の販売対象とする各ソフトウェアは、それぞれ暗号化されています。暗号化にはNTTが独自に開発した技術で、データを何回も繰り返して攪拌する高速データ暗号アルゴリズム(FEAL：Fast data Encipherment ALgorithm)が使われています。高速で効率よく暗号化ができるため、通信機器やICカードなどにも広く使われています。

ソフトウェアの暗号を解く鍵は、鍵サービスセンタに蓄積されています。購入希望があるとセンタからこの鍵が送信されますが、その時にも暗号鍵が盗まれないよう、さらに2重に暗号化する「InfoKet-Cプロコトル」と呼ばれる技術でガードしています。これは複数の暗号方式を組み合わせ、手続きの最中に暗号鍵を何回も変更するという方式を用いています。

そして、一度使われた暗号鍵は、乱数によって再度使えないようにしてあります。この技術もNTTが独自に開発したものです。

■CD-ROM鍵サービスmiTa KaTTaの概要

暗号鍵をコピーして販売対象ソフトウェアを開いたり、他人の端末から本人になりすましてソフトウェアを買うことは、絶対にできません。

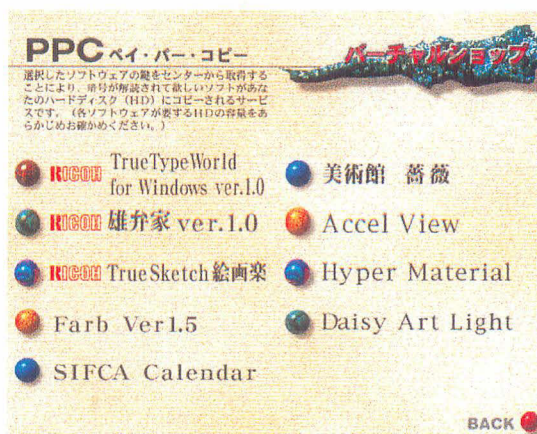
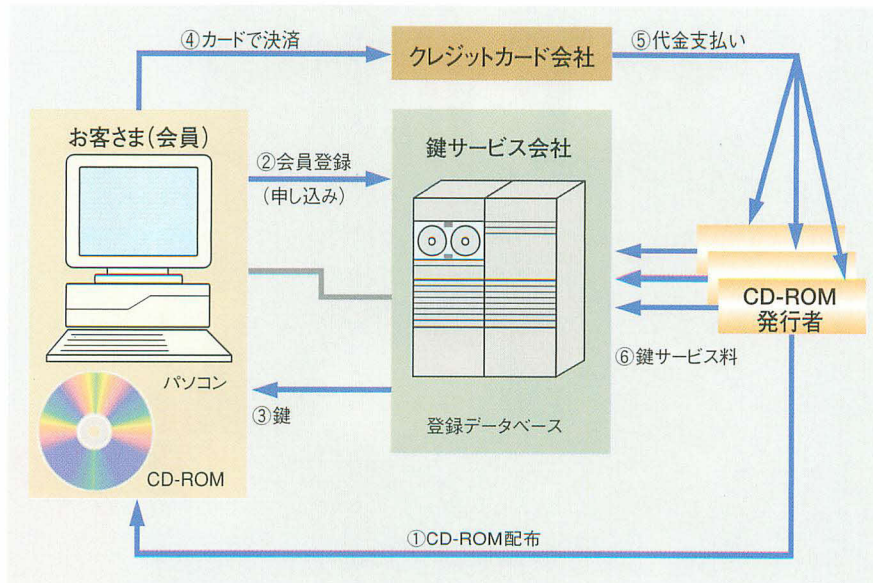
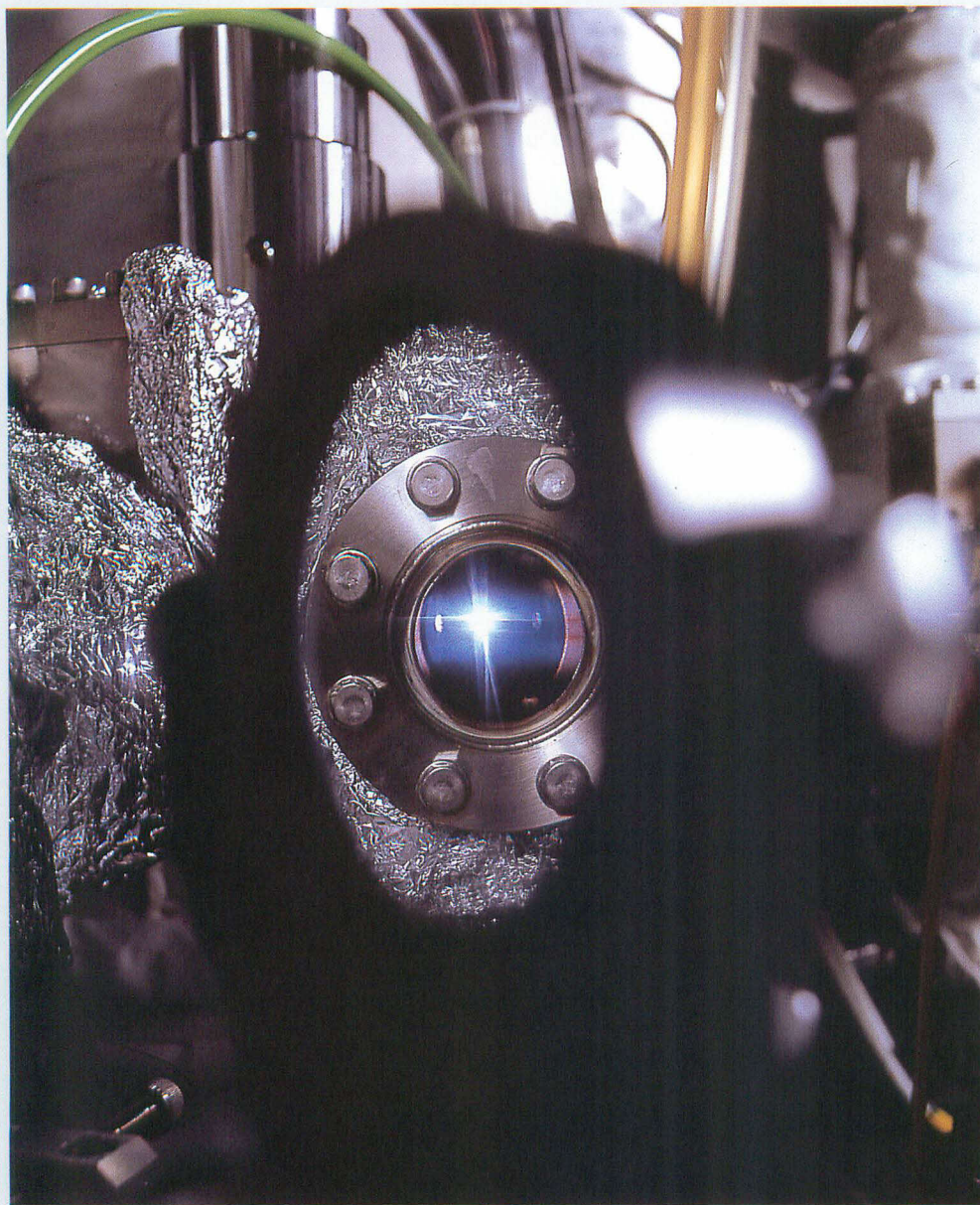
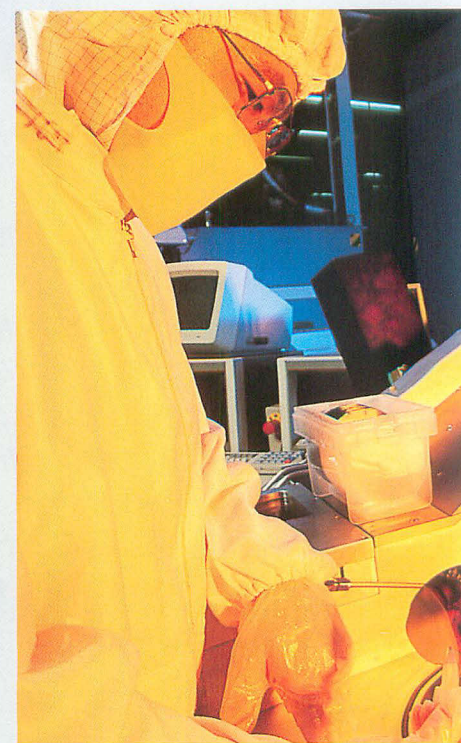
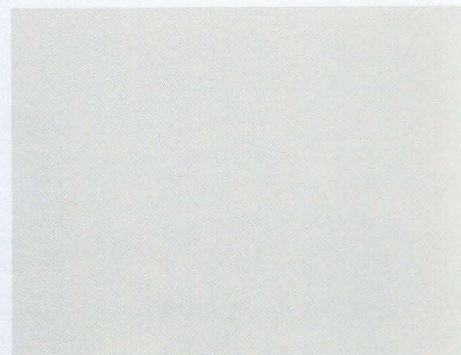
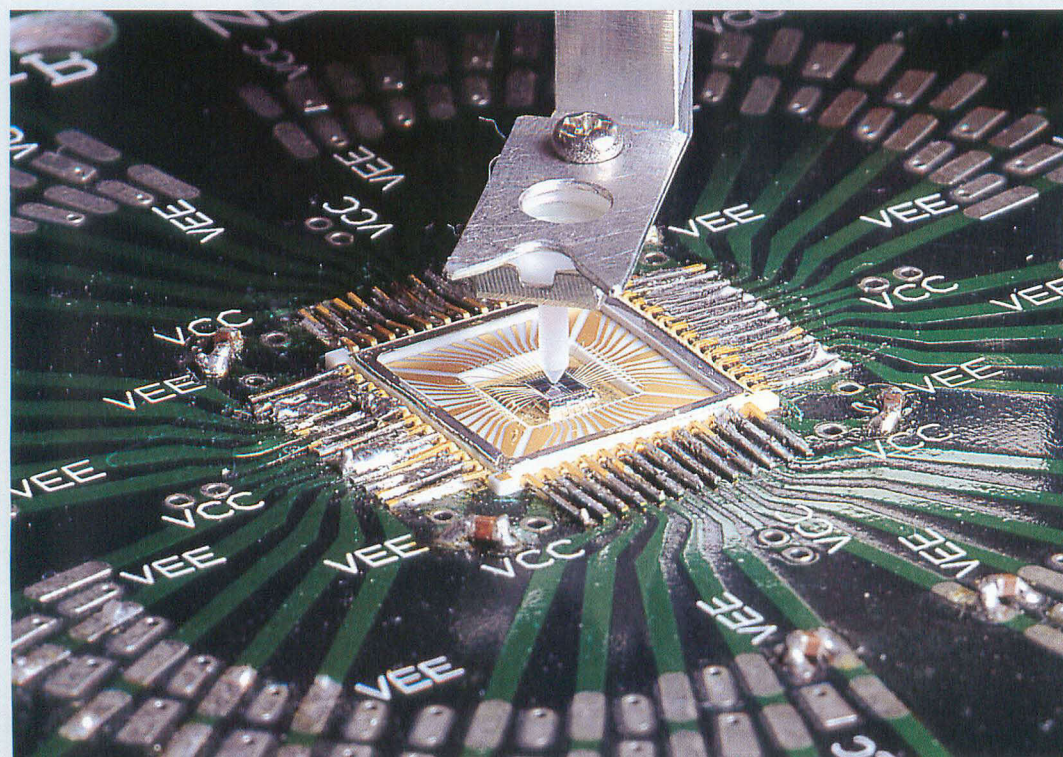
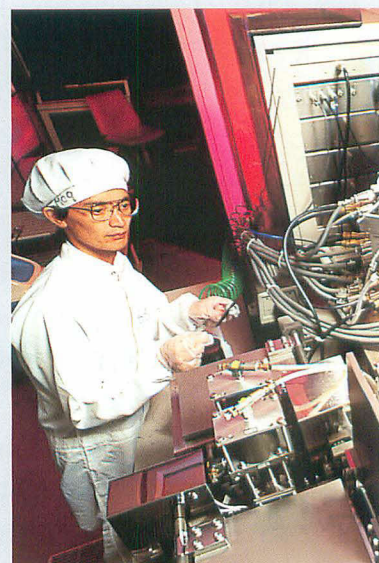
暗号鍵は利用者の手が届かないアクセスプログラムのメモリのなかに入り、使用後は自動的に消える仕組みになっています。

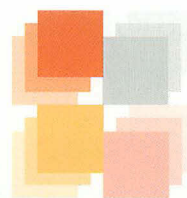
仮に暗号鍵の解析を試みたとしても、ワークステーションで2年以上かかるといわれるほど膨大な計算が必要です。また、CD-ROMドライバのプログラム解析も天才的なプログラミング力が必要といわれ、事実上不可能と考えられます。

このCD-ROM鍵サービスmiTa KaTTaは、NTTのCD-ROMの情報を暗号化する技術、鍵配送技術と、マイクロソフト社のCD-ROMドライバ関連の技術が融合して生まれたものです。

ダイレクトマーケティングの幕開け

CD-ROM鍵サービスmiTa KaTTaは、1995年(平成7年)5月から、NTTテレマーケティング㈱を通じて、サービスが開始されました。まず、CD-ROMにインターネットのナビゲーションソフトや、スクリーンセイバ用ソフト、電子美術館などを入れ、雑誌や書籍に付けてスタートしました。同年10月には、CD-ROM化した日本全国の地図販売に利用されました。今後、映画、音楽、ゲーム、パソコンソフトなど、幅広い分野で利用拡大が見込まれています。

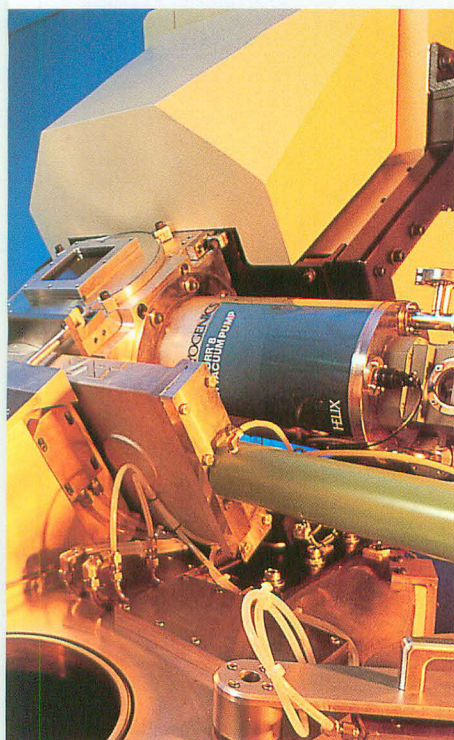
miTa KaTTaは、マルチメディアを使ったダイレクトマーケティングということができます。CD-ROM鍵サービスにより、生産者と消費者をネットワーク上で直接つないでしまう新しい流通システムが実現しました。この暗号鍵を始めとするサービスで生かされたセキュリティ技術は、今後、インターネットや通信衛星を使ったサービスへの展開も見込まれるなど、マルチメディア社会のなかで、さまざまな使い方が期待されています。

miTa KaTTaを利用したさまざまなソフトウェア(上・中・下)

超LSIのパターン焼き付けに最適な光源シンクロトロン放射光

ミクロの塵も許されないスーパークリーンルームでの作業

テラヘルツの壁を破る超高速LSI向け測定技術

世界初の半導体加工専用の小型SOR装置に接続する露光用ビームライン装置

超化

ナノの世界に挑む

情報通信に革新をもたらしつづけてきたLSI。この1辺がわずか数mmから数cm四方の“黒い箱”のなかには、網の目のように電子の通り道が描かれ、数百万、数千万個のトランジスタが結ばれています。

この無数のトランジスタが、高速でオン／オフを繰り返し、さまざまな情報処理を行っています。

超LSIはいまや、コンピュータはもとより、電話機、携帯情報端末や家電製品などのあらゆる製品に組み込まれています。通信ネットワークにおいてもなくてはならない存在であり、今後、マルチメディア通信がすべての家庭で手軽に利用されるようになるためには、より一層の高性能化と低価格化が不可欠です。

LSIの高性能化とは、限られたスペースにどれだけ多くのトランジスタをつくり込めるかという高集積化にほかなりません。いま、超LSIを集積する回路の最小加工寸法はミクロン（1,000分の1mm）から、100万分の1mmというナノの世界に突入しています。このナノの世界での極微細加工技術が、LSIを超LSIから、超々LSIへと進化させ、高度情報社会へと導きます。

ミクロンからサブミクロンへ

紫外線から軟X線、平面から３次元……、
進化するLSIの極微細加工技術

超々LSIを現実のものにするSOR装置

通信の高速・大容量化を促す、LSIの高集積化

限られた面積のなかにどれだけ多くの素子をつくり込むことができるか……。LSIは、誕生以来これを最大の目標として進化しつづけてきました。

通信の高速・大容量化への要求は、近年ますます高まっています。高速化とはディジタルの「0」「1」の信号をどれだけ速く送れるかということで、これを制御するのがLSIです。したがって通信の高速化は、LSIがどれだけ速く動作できるかということに大きく依存しています。

LSIを高速で動作させるためには、電流の入口から出口までの距離を短縮し、しかも電気の流れを妨げる電気抵抗などを小さくすることが求められます。そこで考えられる方法は、“トランジスタ素子自体を小さくする”ことと、“素子と素子の間隔を詰める”ことの２つです。すなわち、トランジスタの集積度を高めることがLSIを進化させるのです。

集積度が高くなると、同じ機能でもLSIを小さくすることができ、情報量当たりの生産コストも下がります。今後、だれもが手軽に利用できるマルチメディア通信を実現するためにも、LSIの進化が不可欠です。

■リソグラフィ技術の進展（半導体メモリの高集積化）

髪の毛の350分の１以下の極微細パターンを実現「SORリソグラフィシステム」

素子を小さくするために必要なのは、LSIの素材であるシリコンの極微細加工技術です。

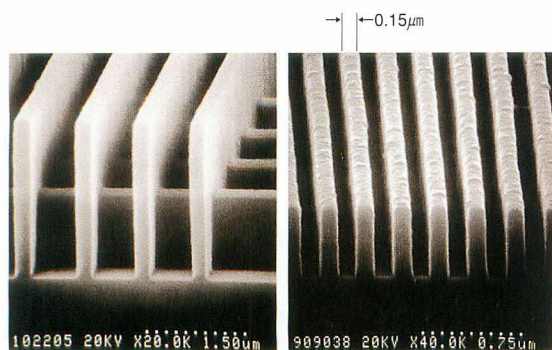
シリコンウエハがLSIになる過程は、よく写真の現像・焼き付けにたとえられます。写真がフィルムの像を印画紙に焼き付けるのと同じように、LSIもフィルムに当たるマスクの回路パターンを光でシリコン上に転写するからです。写真と異なるのは、リソグラフィと呼ばれる転写の工程と、転写されたパターンをエッチングする工程を何度も繰り返すこと、その時にミクロン単位の高い精度が要求される点です。

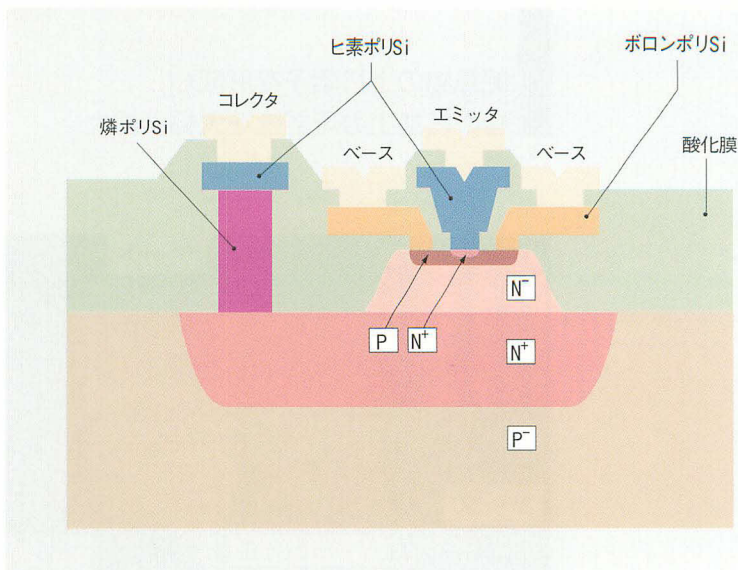
転写には通常、紫外線光が用いられてきました。ところが超LSIの高集積化が進み、１μm以下（サブミ

クロン）の極微細加工技術が求められるようになると、転写する回路パターンの幅が非常に狭くなり、紫外線の波長では早晩結像できなくなるといわれています。

そこで、NTTは、紫外線より波長がはるかに短い軟X線を利用する方法を考案しました。

最初に開発したのは、直径約９mと15mの２つの中空の巨大なリングです。このなかを真空にし、電子を光速に近い速度で走らせ、強力な磁石で急激に曲げると、シンクロトロン放射光（SOR：Synchrotron Orbital Radiation）という光が飛び出します。この光は広がることなく平行に進み、しかも軟X線を多く含んでおり、超LSIのパターン焼き付けには最適な光源です。

研究着手から６年を経て、1988年（昭和63年）６月に、世界で初めて半導体加工専用の小型SOR装置を完成させ、SOR光の取り出しに成功しました。さらに、1991年（平成３年）には、この小型SOR装置に接続する露光用ビームライン装置とX線露光装置を開発し、「SORリソグラフィシステム（極微細パターン露光システム）」を世界で初めて完成させました。これにより0.2μm（髪の毛の実に350分の１）という極微細パターンの転写が可能になりました。まもなく各メーカで量産体制に入る64Mbit半導体メモリ（DRAM）のパターンの最小寸法は0.35μmです。紫外線を用いる方法も、レンズを工夫し、精度を高めてきてはいますが、このあたりが限界とされています。近い将来、16倍の容量をもつ1GbitDRAMが必要になると予想されています。その成否のカギは、0.1μm前後の精巧な極微細加工技術の実現にあります。次世代の超々LSIの実現に向けて、SORリソグラフィシステムへの期待が高まっています。

SORリソグラフィにより形成したレジストパターンの顕微鏡写真

■SSTトランジスタの構造

３次元構造でトランジスタを高性能化「SST」

素子を小さくするためにトランジスタの構造を工夫し、大いに注目を浴びたのは、1977年（昭和52年）に考案された新たな「自己整合構造製作技術（SST：Super Self-aligned process Technology）」です。

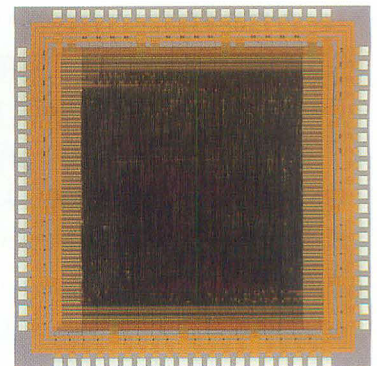
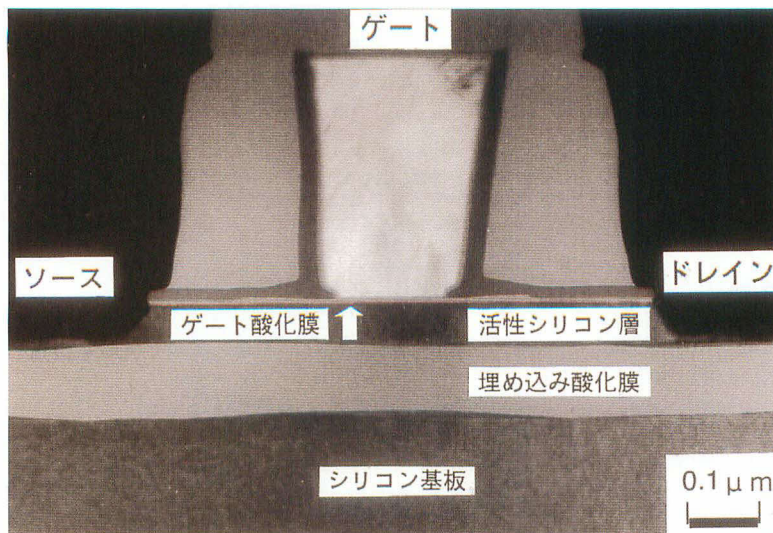
SST開発のポイントとなったのは、その名前にもなっているセルフアライン化という技術です。従来、トランジスタの主要部分をつくるためにリソグラフィ工程を４回繰り返す必要があったものを、１回ですむように工夫したものです。

リソグラフィを繰り返すということは、いわば、版画の多版刷りと同じで、そのつど、正確に位置合わせをする必要があります。当然どんなに精巧に行ったつもりでも、誤差が生じます。それを見込んで、余裕のある寸法を取る必要がありました。

SSTは、１回のリソグラフィで製造ができるようになったことで、誤差を見込む必要がなくなり、より微細な加工が可能となりました。さらに、このセルフアライン化技術により、トランジスタ素子の形状を、従来の平面的なプレーナ構造から立体的な構造にすることで微細化を一段と進めました。また、従来製法のトランジスタに比べ、主要部分の構造を一気に４分の１～５分の１に小型化し、動作速度も、約２～３倍に高速化することに成功しました。その後も次々と改良を加え、1993年（平成５年）には、さらに３倍の高速動作を実現しています。

現在SST素子は、NTTのネットワークを構成する装置を始め、国内外のさまざまな製品システムに適用されています。その利用数は、1993年（平成５年）度末までの累計で800万個を突破し、産業界、学術界に大きく貢献しています。

よりそう素子と素子

絶縁物の上に素子を形成し、極微細加工の可能性を大幅に拡大

CMOS/SIMOX技術

乗算器のチップ

シリコンを酸化させ半導体の薄膜を形成「SIMOX基板技術」

トランジスタ素子の極微細加工技術と並び、超LSIの高集積化のもう1つの手法は、素子と素子の間隔を狭める方法です。

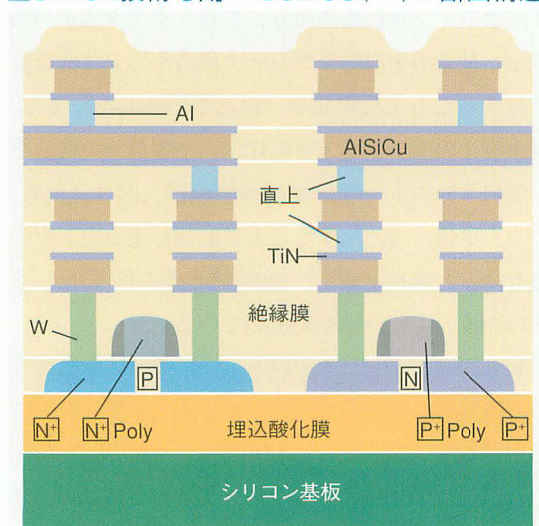
しかしながら、素子を近づけるということはそう簡単にはいきません。トランジスタ同士を近づけ過ぎると、基板となっているシリコンが半導体だけに、隣り合ったトランジスタに余計な電子が流れ、正確に動作しなくなるからです。

そこで考えられたのが、電気を通さない絶縁物の上にシリコンの薄い膜をつくり、そこにトランジスタを形成して、一つひとつのトランジスタを切り離す方法です。これにより、素子と素子は電気的に完全に分離され、近づけても余分な電気は流れない、ということになります。こうした構造は"絶縁物の上のシリコン"という意味でSOI（Silicon On Insulator）構造と呼ばれ、さまざまな実現方法が考えだされています。

そのなかでNTTが開発した「SIMOX：Separation by IMplanted OXygen」は、半導体であるはずのシリコンが酸化すると電気をまったく通さない絶縁物になる、という性質をうまく利用して開発した技術です。1枚のシリコン基板のなかに、酸素イオンを打ち込み、酸化シリコンの絶縁物の層を形成させることで、他の物質と貼り合わせる必要もなくなり、シリコンの膜の厚さが均一のSOI構造を、低コストで実現させました。

NTTは、1985年（昭和60年）に、大量の酸素イオンをシリコン基板中に正確に注入する装置を開発しました。これを受け、国内外の半導体メーカはSIMOX基板の製造・販売を開始しました。

以後、SIMOX基板は超LSIの要素技術として欠くことができないものとなっています。

■SIMOX技術を用いたCMOS（*1）の断面構造

*1 CMOS：Complementary Metal-Oxide-Semiconductor、相補型電界効果トランジスタ。

超LSIの設計所要時間を10分の1に短縮「パルテノン」

素子を小さくつくる技術や、素子同士を近づける技術が進歩しても、LSIの基板全体で効率よく素子が配置されていなければ無駄な動きが生じ、高速化は望めません。そのため、LSIの開発では、特に、

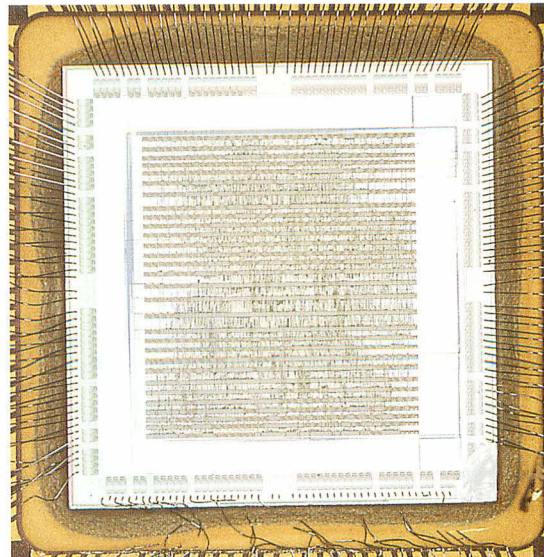
設計段階で大いに慎重さが求められ、最近まで、設計段階だけで全工程の7割の時間がかけられていました。

LSIの設計は、それが何に用いられるものか、どれだけ記憶容量をもつか、またはどれだけ高速の処理をさせるのか、といった最終的に求められる性能・機能から、素子をどのように動作させるかといった動作設計を行います。次にどの部品を、どこに接続するかという論理設計を行う、という手順がとられます。そして、シミュレーションを行い、誤りがあった時は、もう一度論理設計までを行う、という手順を繰り返していました。複雑な超LSIともなると、1年以上かかることも少なくないというのが実情でした。

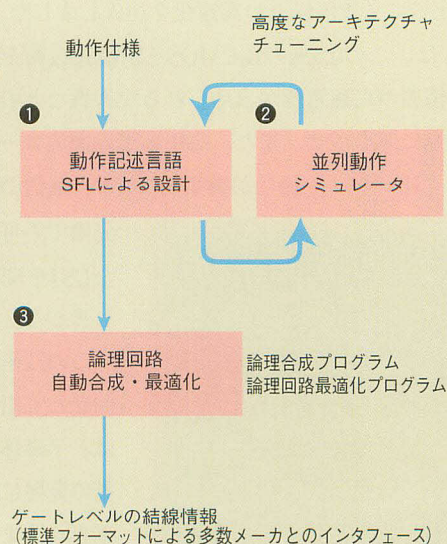
NTTは、SFL(Structured Function description Language)というコンピュータ言語を考案し、これでLSIに求められる機能を記述すると、自動的に最適な部品を探してきて、LSI設計を完成させるシステム「パルテノン(PARTHENON:Parallel Architecture Refiner THEorized by Ntt Original coNcept)」を開発しました。これは、いわば料理の出来上がりの形を示せば、最適な材料と料理法を教えてくれるようなものです。

この開発により、設計者は最適の超LSIの構想を練るといった作業に専念できるようになりました。パルテノンは、NTTの各研究所でLSI設計に用いられ、これまで1年がかりの設計が1ヵ月程度で完了できるようになりました。

1989年(平成元年)には商品化され、数多くの企業や大学で、商用・研究用に利用され、LSI製造の低コスト化、期間短縮に大きく貢献しています。

このパルテノンは、1994年(平成6年)に「科学技術庁長官賞」を受賞しました。

パルテノンで設計した32bitRISCプロセッサ(FDDP)

■パルテノンの技術のポイント

ASIC:特定用途向けLSI

エポックデバイス

既存のLSI技術の融合が生み出す、新たな高性能LSI

「低消費電力」の高速LSIを実現「BiCMOS-LSI」

LSIを構成するトランジスタは、製造方法により"MOS型"と"バイポーラ型"の2種類に分けられます。

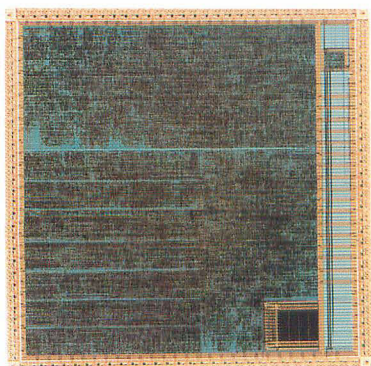
MOSトランジスタにはNチャネルとPチャネルがあり、それらを組み合わせて用いるCMOSと呼ばれる回路は、高集積・低消費電力という優れた特徴を備えています。一方、バイポーラトランジスタはMOS型に比べると消費電力が大きく、集積するとチップが大きくなるという欠点があるものの、トランジスタ内を流れる電流の速度が非常に速く、高速信号処理に適しています。

バイポーラトランジスタとCMOS回路を組み合わせ、低消費電力で、しかも高速のLSIを目指したのが「BiCMOS-LSI」です。

LSIの構造は、記憶や信号処理などを行う機能部分と、LSIへの信号の入出力を制御する駆動部分に分けられます。1986年（昭和61年）に開発したBiCMOS-LSIは、特に高速性が重要視される駆動部分にバイポーラトランジスタを用い、残る機能部分をCMOSトランジスタで構成することにより、CMOS-LSI並みの低消費電力で、高集積化と高速化を両立させることに成功しました。

1988年（昭和63年）には、最小線幅0.5μmのBiCMOS-LSIの技術開発が本格化し、それまでのBiCMOS-LSIに比べて、4倍以上の高速化を達成しました。

NTTは、この0.5μmのBiCMOS-LSI製造技術を用いて、情報の高速処理が求められる交換機などの機能を大幅に向上させ、また、高圧縮率の画像コーデックや高速パケット通信制御用LSIなど、通信の最先端で不可欠なLSIを開発しました。

この技術の開発と実用化は、半導体産業の発展に弾みをつけました。

伝送処理用BiCMOS-LSI

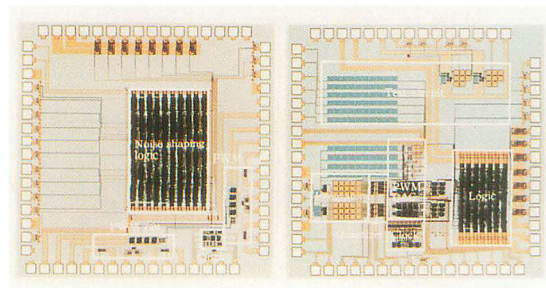
電池1本分の低電圧で、A/D・D/A変換

私たちが普段耳にしている音声は、空気の波であるアナログ信号ですが、通信回線のなかを伝わるのはディジタル信号です。どこかでアナログ信号をディジタル信号に変換する必要があります。その働きをするのが「A/D・D/A変換用LSI」です。

1983年（昭和58年）には、既に精度が高く、音質の優れたLSI製造技術が開発され、市場ではさまざまな機器に応用されました。

NTTは、1990年（平成2年）に、ディジタル方式の携帯電話やPHSなどの開発を始めましたが、従来の5V（ボルト）または3.3VのA/D・D/A変換用LSIでは、電力消費量が大きく、大きなバッテリーを必要とすることが小型化、軽量化の実現のボトルネックとなっていました。

そこで、いわば電池1本分の電圧、つまり1Vでも動作するA/D・D/A変換用LSIの開発が進められました。電圧を下げると、どうしてもLSIの動作速度が落ちます。これを克服することが最大の課題でした。1994年（平成6年）に、低電圧駆動型信号抑圧ノイズシェーピング（MFSS-MASH：Multi-Feed-Forward Swing-Suppression noise shaping, Multi-stAge noise SHaping）方式という新技術を考案し、低電圧でも音質のよい変換が行えるLSIを開発しました。同時に、消費電力も従来の市販品の10分の1以下に抑えることに成功し、電池の長寿命化も大幅に向上しました。

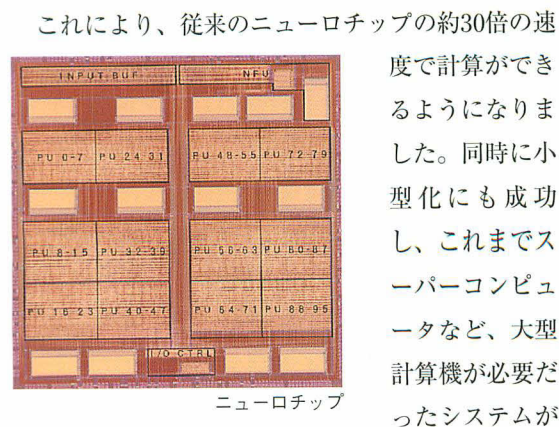
現在も高品位音声処理などマルチメディア端末での展開を見据え、1Vでより高速かつ高効率の変換が行えるLSIを目指し研究が進められています。

1V動作A/D・D/A変換用LSI

未来のデバイス

未来をきり拓く
革新的デバイス技術

人間の神経回路の機能をLSIで再現「ニューロチップ」

現在、学習機能をもつニューラルネット（人工神経回路網）と呼ばれるシステムの研究が盛んに進められています。ニューラルネットは、人間の脳の情報処理を模倣したもので、ニューロン（神経細胞）が多いほど複雑な処理ができるようになります。しかし、ニューロンが増えればその分、計算する演算量も増え、その結果、処理時間が非常に長くかかることが、これまでの技術開発での問題点となっていました。

NTTは、1995年（平成７年）２月に、部分的な概算だけで全体の正確な計算結果を得られるニューロン演算方式を考案し、同時に大型コンピュータシステム並みの高速で計算するワンチップ専用LSI「ニューロチップ」のアーキテクチャを開発しました。

これにより、従来のニューロチップの約30倍の速度で計算ができるようになりました。同時に小型化にも成功し、これまでスーパーコンピュータなど、大型計算機が必要だったシステムがわずか16.5㎜四方のチップのなかに収まり、パソコンなどに内蔵できるようになり、大規模なニューラルネットシステムの高速処理を経済的に実現できる見通しを得ました。

ニューロチップ

この成果を次世代のネットワークに用いるATM（Asynchronous Transfer Mode）交換機の保守運用システムなどに応用し、各種のニューラルネットシステムの技術開発を進めています。

電子１個でスイッチング動作を実現「Si単電子トランジスタ」

半導体材料をウイルスよりも小さいナノメートル（１㎚＝10億分の１ｍ）単位の構造に加工し、電極と電極の間に絶縁体をはさみ、電圧をかけると、あたかもトンネルがあるかのように、そこを１個ずつ電子がくぐり抜けて行くという、興味深い現象が観測されます。これは“量子化現象”と呼ばれるもので、この現象を応用したのが「単電子トランジスタ」です。２つの電極間の絶縁体のなかに導電体の島を置き、ここに電子を１個ずつ呼び込むたびに、トランジスタにスイッチのオン／オフ動作機能をもたせ、制御させるというものです。

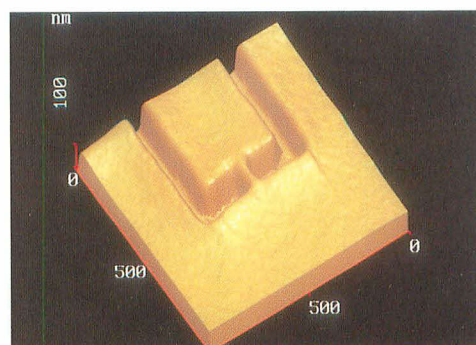
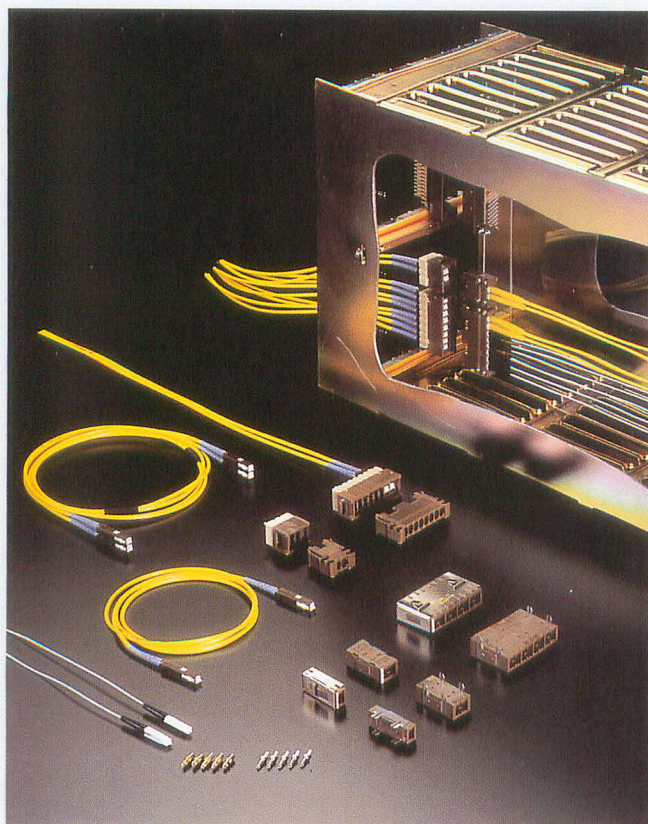
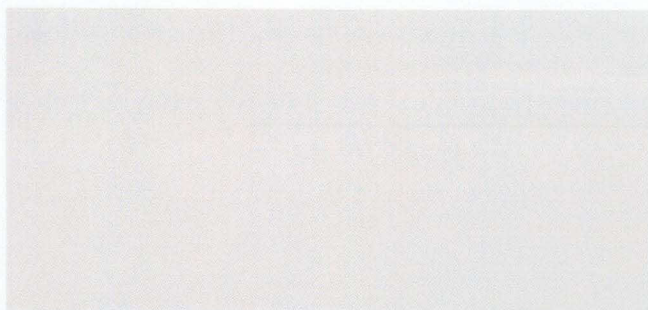
10nm級シリコン量子細線と単電子制御

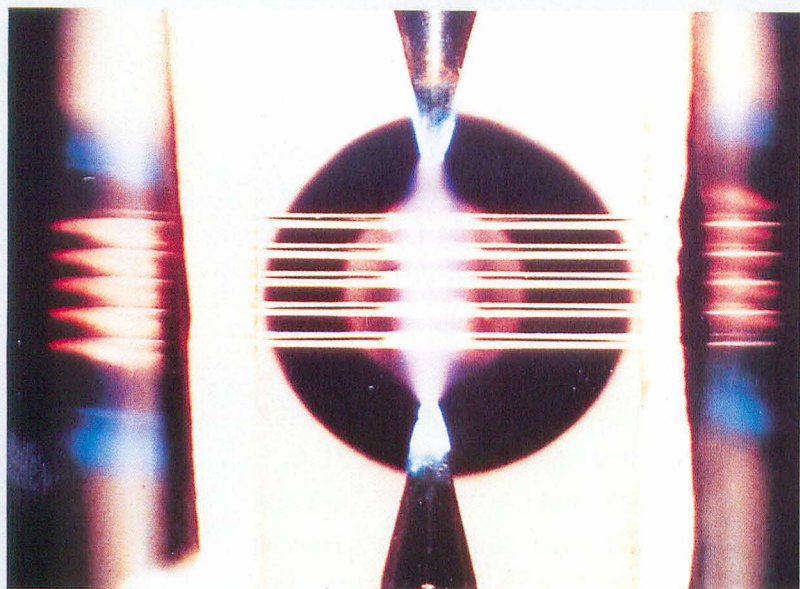
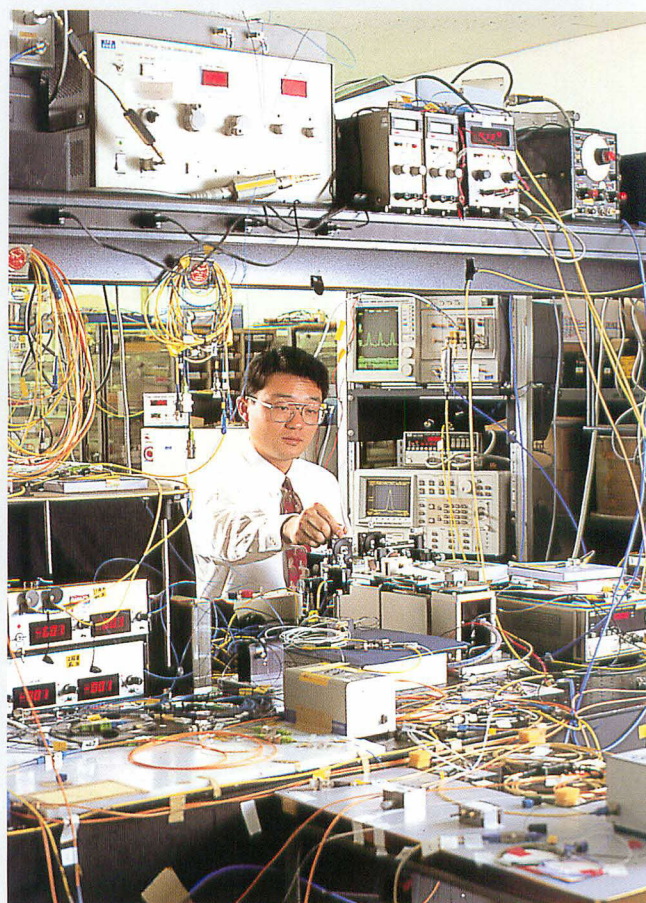
従来のトランジスタでは、スイッチを入れれば大量の電子が移動していたのに対し、単電子トランジスタでは、電子１つで同じ効果が得られます。そうなれば消費電力量が飛躍的に減少し、また、超高集積化が図れます。

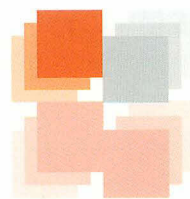
単電子トランジスタについては、世界各国で研究が進められてきています。その開発に当たっては、２つの大きな課題がありました。

１つは、コストの安い半導体材料であるシリコン（Si）で量子化現象を実現するためには、10㎚単位（従来のLSI構造の10分の１以下）のきわめて微細な加工技術が必要なことです。もう１つは、－269℃～絶対零度（－273.15℃）の極低温下でしか量子化現象が確認できないことです。職場や家庭のコンピュータの部品として用いるためには、室温で動作しなくてはなりません。そのため、単電子トランジスタは長い間“絵に画いた餅”の域を出ませんでした。

NTTは、1993年（平成５年）に、SIMOX基板技術などを応用して高さ数㎚、幅10～20㎚のきわめて細いシリコン導線をつくることに成功しました。1994年（平成６年）には、この細線を加工し、独自の“くびれ構造”を施して、トランジスタ構造を製作しました。

そのくびれ構造は、極薄絶縁層と同じ機能をもち、超微細のシリコン島を実現させました。その結果、単電子トランジスタ特有の量子化現象を室温で確認し、「Si単電子トランジスタ」の実用化に向けて大きく踏み出しました。

全家庭を光ファイバで結ぶために、より小型で高密度な実装を可能にする光コネクタ

光ファイバ部品類の性能評価風景

光損失を抑え、低反射で効率よく光ファイバを接続する融着接続技術

高速大容量通信の実現に向けたソリトン波方式による
100ギガビット光信号伝送実験

光化

光が拓く通信の新ステージ

電話サービス以外の電子メールやコンピュータ通信、映像通信などの通信利用の高度化・多様化のニーズは、ネットワークの高速化と大容量化を進展させてきました。

とりわけ、その中核となる"光化"技術には、LSI技術と並んで民営化後その進歩は目覚ましいものがあり、通信ネットワークのディジタル化への変革の要となっています。

常に世界をリードしてきた光伝送技術や光エレクトロニクス技術の進展を背景として生まれた光ファイバケーブルは、情報伝送容量がきわめて大きく、低損失で、無誘導、軽量、省資源など優れた特性を有し、100年の歴史をもつ銅の通信ケーブルにとって替わりつつあります。

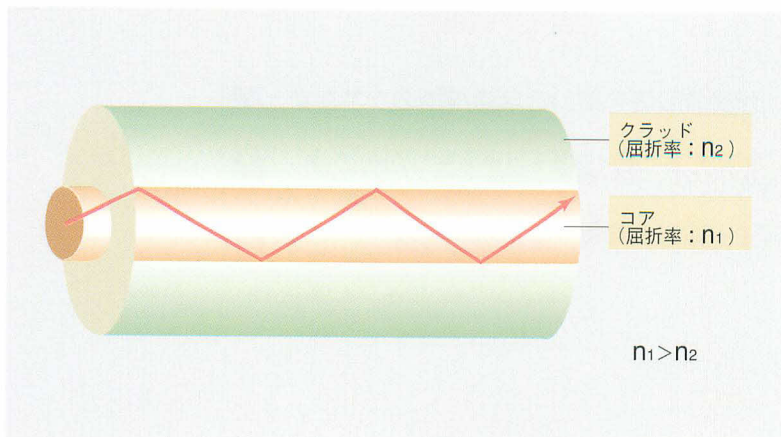
NTTは、来るべきマルチメディア社会の実現に向け、超高速・大容量の情報伝送を目指した光ソリトン伝送や、光信号を効率的に振り分ける光交換、各家庭を光ファイバケーブルで結ぶ"ファイバ・ツゥ・ザ・ホーム"の実現など、全光通信を可能とする研究開発を加速させています。

光通信の礎を築いた革新技術のかずかず

最終目標は、全国の家庭を結ぶ総延長約6億kmの光ファイバ

■光ファイバ中の光の伝搬

VAD法による光ファイバの原形（母材）の製造

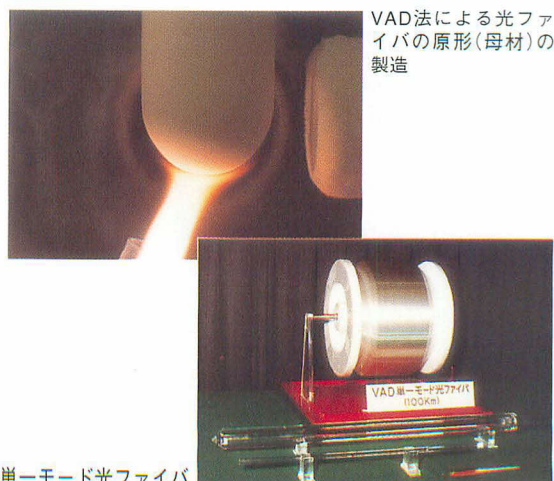
VAD単一モード光ファイバ

光通信を進展させた125ミクロンの光ファイバ

光はきわめて高い周波数域に属する電磁波です。光を高度な通信に利用するためには、効率よく光が伝搬する伝送路が必要となります。また、そのような伝送路が開発できたとしても、製造に大きなコストがかかるようでは、実際のネットワーク化は不可能です。

そこで、地球上に無尽蔵に存在し、材料費も低コストというメリットをもつ、石英ガラスを用いたファイバが開発されました。光ファイバは、屈折率のちがいにより光が伝搬する「コア」と呼ばれる部分と、その周辺を覆って光を閉じ込める「クラッド」と呼ばれる部分で構成されています。光ファイバの外径はわずか“125ミクロン（世界標準サイズ）”であり、まさに、髪の毛ほどの細さです。また、このファイバのなかでは、空気中よりも光の透過性が格段に優れており、仮にファイバを通して遠くをのぞいたとすれば、東京から富士山頂の雪の結晶まで見えるほどです。

VAD法によってつくられる光ファイバの原形（母材）

60㎜

1970年（昭和45年）から1980年（昭和55年）にかけて、光ファイバの伝送効率をあげること、すなわち低損失化に関する技術開発が大きく進展しました。1981年（昭和56年）に、NTTビル間を結ぶ中継伝送路に光ファイバシステムが初めて導入され、以降中継系には、光ファイバシステムが順次導入されていきました。

しかし、本格的な光ネットワークを構築する上で、まだまだコスト高な面は否めませんでした。日本全国の家庭を光ファイバで結ぼうとすると、その総延長は“約6億km”。実に、太陽と地球の間を往復してしまうほどの長さの光ファイバが必要になります。光ファイバの低コスト化は、解決しなければならない重要な課題でした。

NTTは、低コストの「ファイバ製造技術」の開発に積極的に取り組み、1977年（昭和52年）に、気相軸付け法（VAD法:Vapor phase Axial Deposition法）という画期的な技術を生み出しました。これは、「母材」と呼ばれる大きなガラスの塊（光ファイバの原形となる棒状のガラス体）をつくる方法です。そして、この母材から細いガラスの糸、すなわち、光ファイバをつくります。

1985年（昭和60年）には、VAD法はさらに進化し、高速で大型母材を合成する高速VAD法、そしてその母材を高速でファイバ化する高速線引技術へと進みました。これにより1分間に1,200mというファイバの製造が可能になり、低コストの光ファイバの実現に大きく近づきました。

銅線に代わる「高密度光ファイバケーブル」

光ファイバを活用した光ネットワークを拡大していくためには、1本のケーブルのなかにどれだけ光ファイバ心線を収容できるかという“束ねる技術”

多心光ファイバケーブル（左）と同軸ケーブル（右）

もまた重要な課題でした。

銅の同軸ケーブルでは18本の心線を束ねて１本の大きなケーブルにするのが最大でしたが、光ファイバは同軸ケーブルよりはるかに細いため、多心光ファイバケーブルをつくることが可能です。将来のマルチメディア社会に向けて、全家庭まで光ファイバで結ぶFTTH(Fiber To The Home)を実現するためには、既存のメタリックケーブルと同様の心線の高密度化が必要になります。

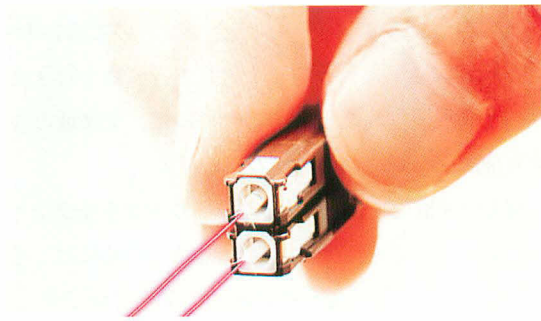
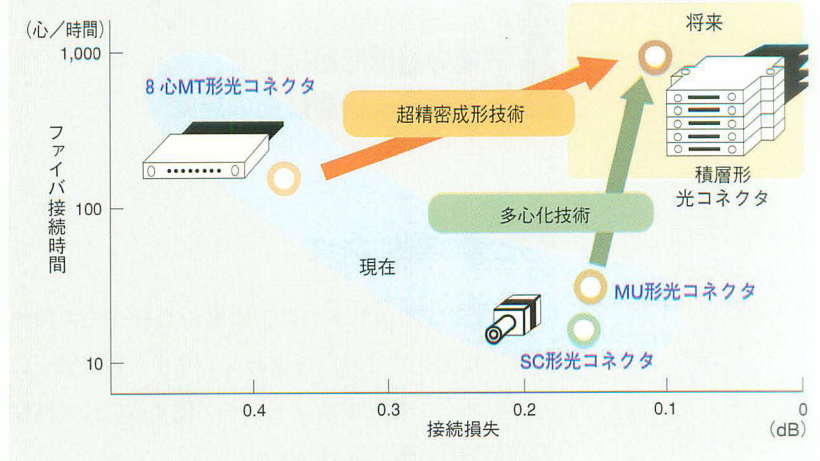
この課題を解決するため、複数の心線をテープ状にする技術を用いて、1988年(昭和63年)12月に、8心光ファイバテープを重ねる方法で1,000心の「高密度光ファイバケーブル」を実用化しました。さらに、1990年(平成２年)には、防水テープを採用した多心SM型光ファイバWB(Water Blocking)ケーブルや、浸水センサモジュールの実用化により、従来と比べて大幅な保守の簡易化も実現しました。

現在、地下ケーブル管路内の空間の有効利用と、建設コスト低減の観点から、一層の高密度化・細径化を目指し研究を進めています。

光ファイバ接続技術の進展

ネットワークの光化の実現には、光損失を抑え、低反射で、効率よく光ファイバを接続する技術もきわめて重要です。

接続技術には、「融着接続技術」と「コネクタ接続技術」があります。融着接続技術については、光ファイバテープ心線の被覆除去・切断・融着から接続後の後処理までを自動的に行う全自動融着接続装置を開発。さらに1992年(平成４年)４月に、圧電素子を用いたマイクロメカニズム技術により、サブミクロンオーダでの光ファイバ調心機構を実現し、加入者ケーブル以上に低損失が要求される中継伝送路、海底ケーブルなどにも、この融着技術が適用できるようになりました。

しかし、融着接続は融着接続装置とそれを扱うスキルが必要であり、敷設後の接続替えの際にも同様の作業を伴うため、作業効率の面では光コネクタによる接続が優っているといえます。

光コネクタ技術には、低コスト化はもちろんのこと、作業をする人が簡単にミクロ単位で正確に接続でき、しかも引っ張ってもはずれない強度が必要です。

そうした条件をクリアして、NTTは1979年(昭和54年)にFC形光コネクタ(*1)を実用化しました。さらに、一層の経済化と操作性の向上、高密度実装性を目指したSC形光コネクタ(*2)を1986年(昭和61年)に実用化しました。このコネクタは、国内のみならず海外でも数多くの使用実績をもち、構内配線用およびB-ISDN用光コネクタとして国際標準となっています。

1993年(平成５年)には、FTTH実現に向け、より小型で高密度実装が可能なMU形光コネクタ(*3)を開発しました。これも国際標準になりつつあります。

また、光ケーブルの切り替え技術としては、1990年(平成２年)４月に光CATS(CAble Transfer Splicing)システムを開発しました。これは、光ケーブルの支障移転工事などに際して、２地点間の光ファイバを瞬時に自動的に切り替えるシステムで、作業の大幅な効率化を実現しています。

このように、光ファイバの低コスト化、低損失化、作業の効率化などを目指すさまざまな技術が、実験や現場試験のなかから実用化され、光の通り道は日本全国に張り巡らされてきています。

コネクタ技術の開発

MU形光コネクタ

*1 FC形光コネクタ：ねじ締結式単心光ファイバコネクタ。
*2 SC形光コネクタ：プッシュプル結合式単心光ファイバコネクタ。
*3 MU形光コネクタ：装置実装用小形プッシュプル結合式単心光ファイバコネクタ。

光から光、光のままで全国をネットワーク化

究極の目標を目指して、光を自在に操る技術の開発

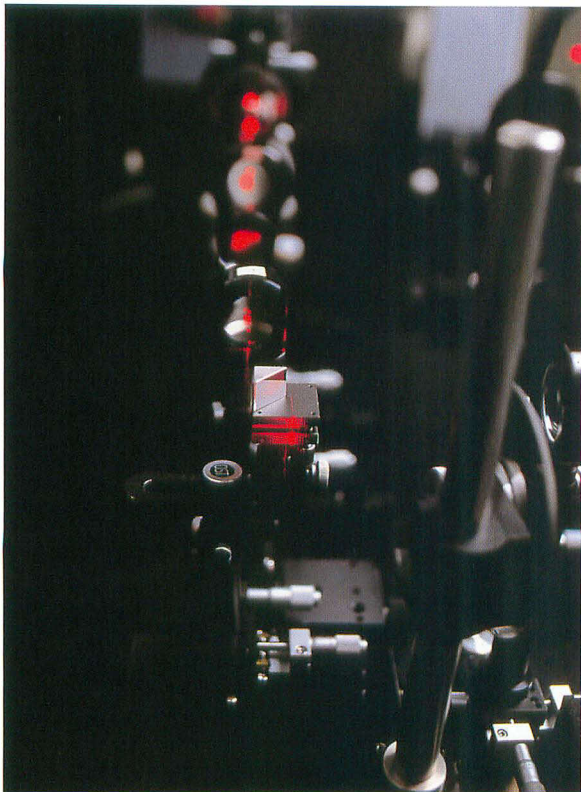
光交換の実現に向けて

NTTでは2010年までに、家庭や会社までの回線をすべて光化する計画を進めています。各家庭を結び、日本全国を光でネットワーク化するには、高度な技術開発が要求されます。

来るべきマルチメディア社会では、いまの1,000倍もの情報量が光ケーブルを通して各家庭を行き交うことが想定されます。そのためには、交換機の性能も飛躍的に高めなければなりません。

個々の家庭ごとに、高速でネットワークを飛び交う大容量の光信号を効率よく振り分けるためには、光信号をそのまま扱える交換機能の開発が必要です。

現在の交換機能は、光の信号をいったん電気信号に変えて、振り分け、それをさらに光に変えるという方法を取っています。しかし、この方法では電気回路の性能によって信号の振り分け能力が決まり、光がもつ優れた特性が十分に生かされず、また、光と電気相互の変換装置が必要なことから、コストが上昇するという問題があります。

そこで、交換処理の効率化に向けて、交換機内部で極力、光／電気変換を行わず光のままで、さまざまな機能を実現しようという技術の研究が進められています。

光／電気変換を行わず光のままでさまざまな機能を実現する光交換の実験

この技術が「光交換」であり、現在は「光スイッチ」のような光交換に必要な部品と、それらの部品を用いたシステムの研究が進められています。

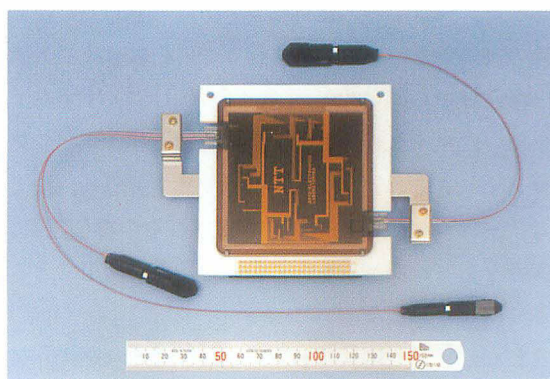
光を自在に操る「光回路」

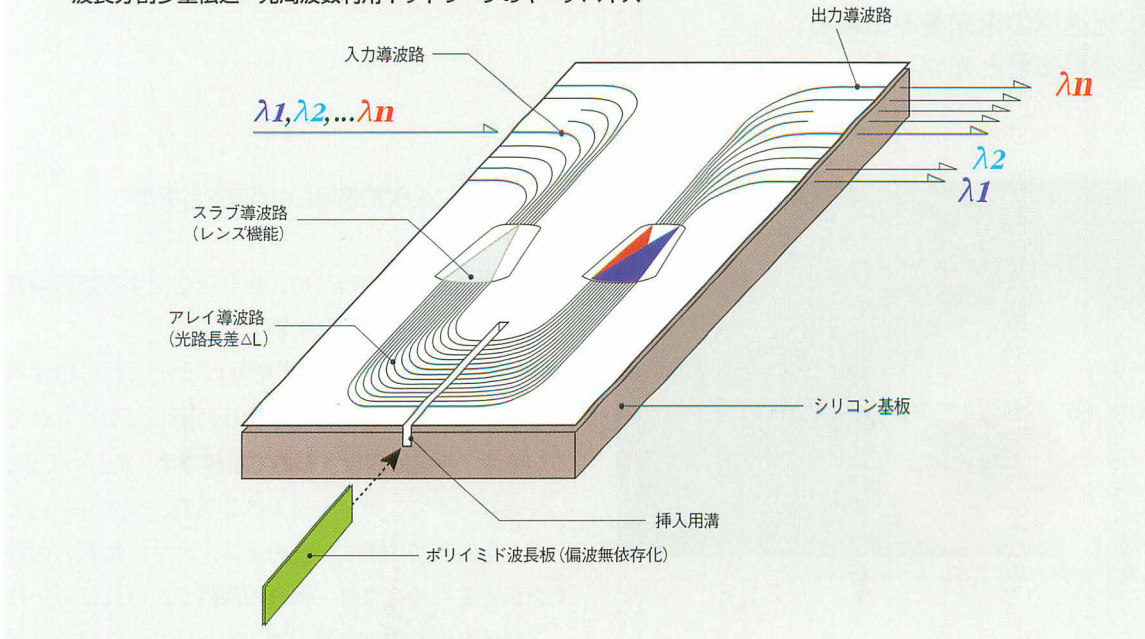
身の周りにある電気製品のなかには、電子を自在に操ってさまざまな機能を実現するための電気回路が入っています。同様に、光交換で必要なさまざまな機能を実現するためには、光を操るための「光回路」が必要です。

光回路は、平面基板上に形成した導波路と呼ばれる一種のパイプを使って光を導く「導波路型」と、光をビームの形で扱う「フリースペース型」に大別できます。

また、機能面でみると光回路は、電気回路の配線に相当する部分と、トランジスタなどの能動素子に相当する部分に分けられます。

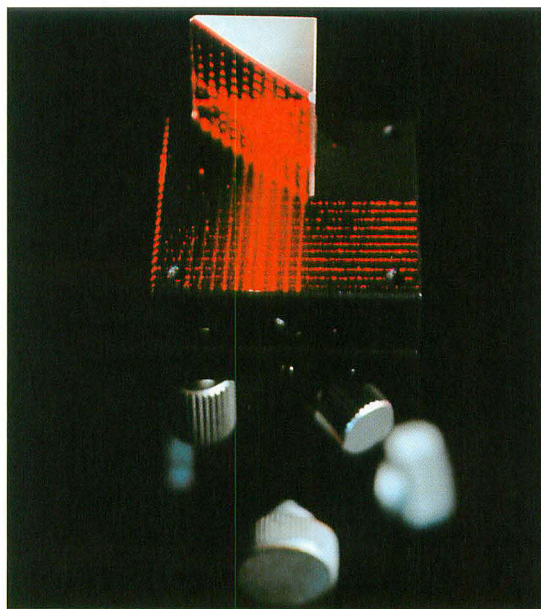
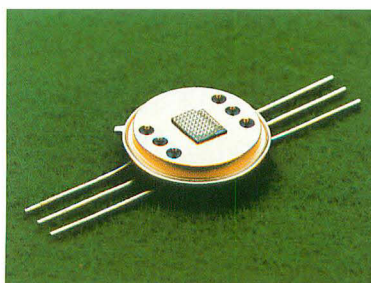
導波路型を例に光回路の課題を挙げると、次のようになります。光の波長はきわめて短いので、配線部分に相当する導波路の形成には、非常に高い精度（1万分の1㎜程度）が要求されます。

また、光は、物質中でも電場や磁場の影響を受けにくいという特性を有しているために、逆に能動素子を実現すること自体、きわめて難しいとされています。言い換えると、外界から電磁雑音が入り込みにくいということが光の優れた特性である反面、光を制御することが非常に難しいわけです。このため、

8×8マトリクス光スイッチモジュール

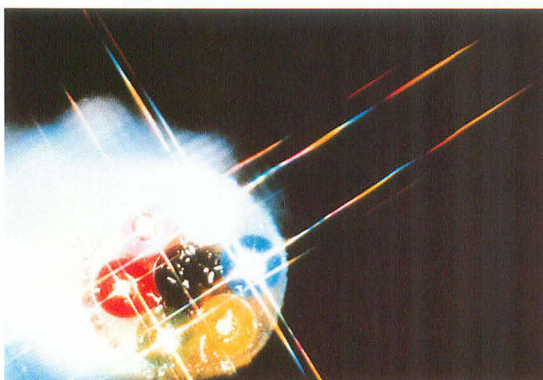
■アレイ導波路格子形光合分波器

能動素子を含む光回路は、一部を除いていまだ研究段階にあります。

光回路の基本技術として、現在実用レベルに達しているのがプレーナ光波回路(PLC：Planar Lightwave Circuit)です。これは、光ファイバとLSI製造技術を組み合わせた技術で、石英系ガラス導波路により平面上で光波回路を構成するものです。光をいくつかに分けたり、合流させたりする受動光回路は、この技術を用いて既に実用化されています。現在は、より複雑な回路についても研究開発が進められ、16本の光ファイバから入ってきた光信号を16個の任意の出口に導くことができる16×16マトリクス光スイッチや、64の波長(色)の異なる光信号を波長ごとに異なる出口に振り分けることができる64チャネル・アレイ導波路格子形光合分波器のようなユニークな光回路が試作されています。

一方、フリースペース型の光スイッチは、プラネタリウムの説明者にたとえることができます。説明者は懐中電灯のような矢印を映し出すポインタを使って、ドームに映し出された星を指し示して星座の説明をしますが、あのポインタから出る光ビームを光信号とし、ドーム上の星を光スイッチの出口と考えればよいのです。ポインタの向きを変えることによって任意の出口を選ぶことができるので、多数のポインタを用意しておけば、多入力多出力の光スイッチが実現できることになります。このように、フリースペース型の最大の特徴は、その立体的な構造を生かすことにより、平面構造の導波路型よりも光回路をコンパクトにできることです。

この原理をそのまま光スイッチにしたのが、ホログラム型光スイッチです。ポインタの代わりにホログラム素子を用いて、光ビームの方向を変化させます。このほかにも、新しい面型光スイッチ素子(EARS：Exciton Absorption Reflection Switch)を用いる大規模で高速な光スイッチなどの研究も進められています。

ホログラム型光スイッチの実験

面型光スイッチ素子(EARS)

ギガからテラへ、未来の光通信

光通信の未来をみつめる、波長多重と光ソリトン

光通信で一筋の光の点滅によって情報を伝送

光を色で識別、波長多重技術

超高速で大容量の情報が飛び交うマルチメディア社会の進展により、光通信網技術の高性能化と高機能化への期待は、さらに高まるものと想定されます。

このような時代を展望し、光波の周波数帯域での多重技術と、その伝送システムへの適用についても検討が行われています。

太陽の光をプリズムに通すと、赤や青や紫のきれいな色に分かれます。これは光にそれらの色が含まれているということです。色の違いは周波数の違いであり、光は広い周波数帯域をもっているということになります。

現在の光通信では、一筋の光の点滅によって信号を送っています。この光信号を、テレビやラジオでいうところの"チャネル"に分け、複数のチャネル分の情報を"送る技術"は確立されていますが、光を"細分化する技術"は、まだ実現していません。

そこで、光をチャネル別、つまり周波数別、換言すれば色ごとに細かく分けて、さらに情報量を増やすことができないかという「波長多重技術」の開発が行われています。

波長多重技術は、既にアナログ映像伝送や無線通信で広く用いられている技術で、これを光通信に適用しようというものです。

現在までの研究では100分割できるところまで進んでいます。将来的には1,000以上に分割できるだろうと予想され、そうなれば"1秒で新聞100年分"もの膨大な情報を送信することができます。

1秒間に4,000億回もの点滅を目指すレーザ光源

高速光通信の実現には、光を送受信する装置の性能アップも欠かせない要素です。

光を発するのは「レーザ光源」です。これらはすべてディジタル光通信の基本仕様に則してつくられています。その原理はきわめて単純です。光がつくか、つかないかで、ディジタルの2進数、つまり「0」と「1」を表しています。光のオン／オフで情報の内容を伝えるため、点灯／消灯の間隔が短ければ短いほど時間当たりの情報量が増えるわけです。発生装置は半導体レーザと呼ばれ、半導体内部の発光現象を利用してレーザ光を発生させるという原理で動作します。このため、より精度が高く、寿命の長い半導体レーザの開発に力を注いできました。

その結果、半導体技術の進歩とともに半導体の長寿命化・高出力化が進み、半導体レーザの機能も向上しました。1975年(昭和50年)には、それまで1秒間に3,200万回の点滅だったものが10Gbit/s、すなわち1秒間に100億回もの点滅が行えるまでになり、技術は進歩しました。分布帰還形レーザ(*1)や「波長可変レーザ」と呼ばれる優秀な半導体レーザの開発がそれです。

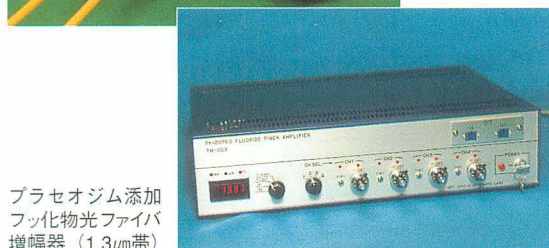
特に波長可変レーザは、光の波長を任意に変えてレーザ光を発射できます。このレーザが完成したことにより、光を波長ごとに細分化するのが究極目標の波長多重の実現へ一歩近づいたということができます。なお、研究レベルでは、現在、"1秒間に4,000億回も点滅する"光源の開発が進められており、その技術を生かした新光源の早期導入が期待されています。

光に力を与える増幅器

膨大な情報を瞬時に送信する超高速光通信の実現にはずみをつけたのは、光ファイバや光コネクタ、半導体レーザを始めとする光エレクトロニクス技術の進展です。なかでも大きなブレークスルーは、「光ファイバ増幅器」の実用化です。

光はファイバを伝搬しているうちに、次第に減衰してきます。弱くなった光に再び力を与えるのが増

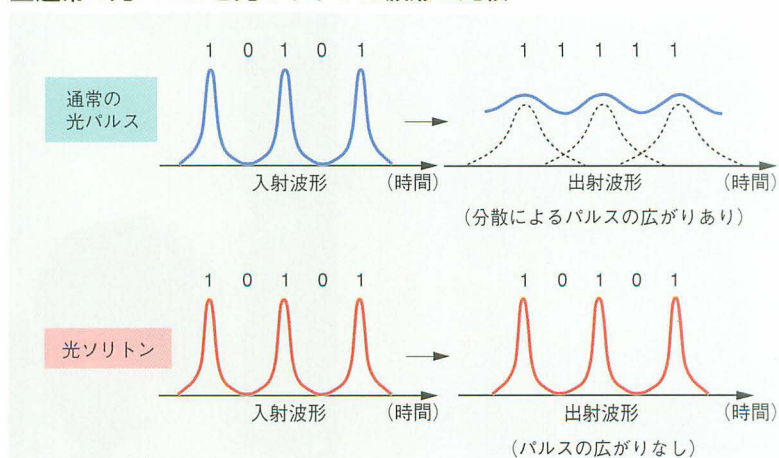
＊1　分布帰還形レーザ(DFB-LD：Distributed FeedBack Laser Diode)：通常のファブリペロー形半導体レーザ(FP-LD)では、高速パルスで直接変調すると、発振縦モードが跳躍したり、その数が増加し、光ファイバ伝送の質を低下させる（モード分配雑音)。そこで、回折格子などで波長を内部で分布的に設定できる構造を導入したレーザを、単一縦モードLDあるいは動的単一モードLDと呼び、その代表的なものがDFB-LDである。

エルビウム添加光ファイバ増幅器（1.5μm帯）

プラセオジム添加フッ化物光ファイバ増幅器（1.3μm帯）

幅器の役割です。光ファイバ増幅器は、ファイバアンプとも呼ばれるように、その仕組みはステレオなどに装備されているアンプと一緒です。光には増幅すると雑音が入ってしまうという欠点があり、これをいかに低く抑えるかが増幅器の大きな課題です。

光の伝送距離を延ばそうとすれば、光ファイバ増幅器に高い出力が要求されます。しかし、出力を高くすれば雑音が増えます。この相反する2つの要素のバランスをうまくとって完成したのが、1989年（平成元年）1月に実用化されたエルビウム添加光ファイバ増幅器（EDFA：Erbium-Doped Fiber Amplifier）です。従来は、光／電気変換を行って、いったん電気信号に戻して光を増幅していました。しかし、EDFAは直接光を増幅することができ、大幅な中継距離の拡大と中継器の簡素化（低コスト化）などを実現しました。光ファイバ増幅器には、光ファイバ通信に用いられる1.3μm帯、1.5μm帯に対応した2種類があります。EDFAは、波長域1.5μm帯に対応したものですが、現在は1.3μm帯に対応するプラセオジム添加フッ化物光ファイバ増幅器が研究されています。また、エルビウム添加フッ化物光ファイバ増幅器は、EDFAよりも幅広い増幅帯域を有するため、波長多重で重要な役割を果たすものと期待されています。

光ソリトン伝送システム実験風景

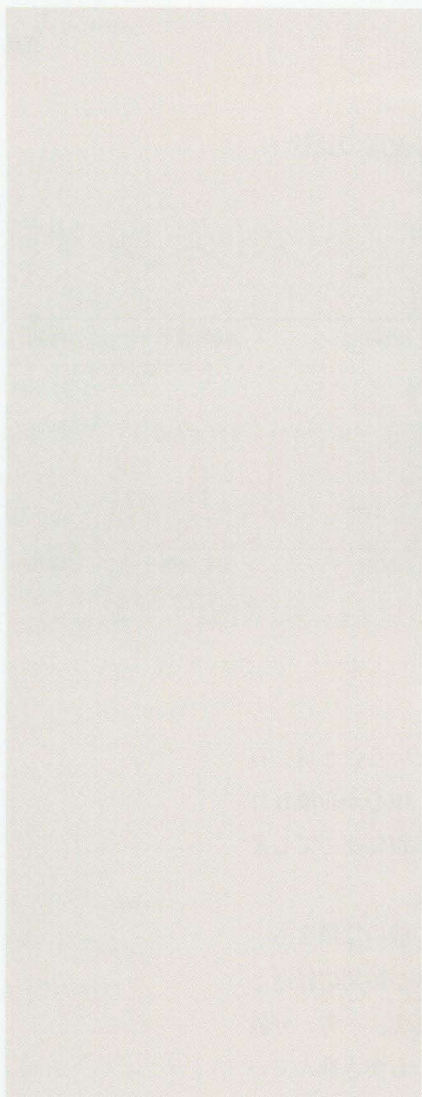
■通常の光パルスと光ソリトンの波形の比較

波形が変わらない未来の通信方式「ソリトン波」

波が分散する性質をもっているということは、石を池に投げ入れると波紋が広がり、中心から離れれば離れるほど、波の山が広がり、平坦になってしまうということからも理解できます。

光も光波というくらいですから、波の性格をもっており、通常の光通信では光パルスが時間の経過とともに分散し平坦になってしまいます。一方、分散せずに形状を維持したままどこまでも突き進んでいく「ソリトン波」という特殊な波を使った光通信の研究も行われています。

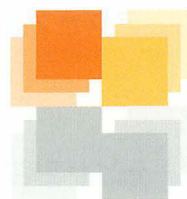
ソリトン波は、ある一定の条件下で、波の形を変えることなしに突き進んでいく、という特性をもっています。1960年（昭和35年）、「チリ地震津波」が日本を襲いました。地球の裏側で起こったこの地震で発生した津波が、太平洋を横断して日本に来襲し、大惨事になったのですが、この津波こそが、形を変えずに進むソリトン波そのものなのです。

光ファイバのなかにソリトン波を通せば、通常の光の波よりも谷間の間隔を狭くできるため、その分、伝送できる情報量も多くなります。現在では、研究室レベルで80Gbit/sで500km、並びに20Gbit/sで3,000kmの伝送に成功しています。これがもっと大きな容量になり、もっと長い距離を伝送できるようになれば、太平洋を横断してつなげることも夢ではないのです。

ソリトン波は、まだ研究段階にありますが、これが実用化され、波長多重と組み合わせることができれば、「ギガ」から「テラ」の世界へ、つまり“1秒間に新聞1,000年分もの膨大な情報”を瞬時に送受信できる時代が実現することになります。

通話の混み具合をみてフレキシブルな回線設定を行うダイナミックルーチング

広帯域ISDNを実現するATM リンクシステム(ATMクロスコネクト装置)

処理の高速・大容量化を実現した改良D70交換機

ディジタル化

マルチメディア社会を支えるコア技術

いろいろな種類の情報をひとたびディジタルデータ化すれば、一元的に処理することが可能です。それゆえ通信のディジタル一元化は、コンピュータ技術と融合して、最も大きなインパクトをもつ技術革新となり、さらに情報スーパーハイウェーであるB-ISDN(広帯域ISDN)へと連なることで、マルチメディア通信サービスの展開など、新局面を切り拓く鍵となっています。

この10年の最優先課題として、ネットワークのディジタル化に取り組んだNTTは、1985年(昭和60年)2月の光ファイバ全国縦断ルートの完成をうけて、ネットワーク系(中継回線)設備の高速大容量化をさらに加速させてきました。同時にアクセス系(加入者回線)設備においても、CT/RTシステムの開発・導入に10年前から着手しています。交換機などNTTビル内設備については、ソフトウェアの改良とハードウェアの小型化を中心に旧アナログ設備の更改を実施。そしてこれらに、ダイナミックルーチングの導入、通信EMC(電磁環境両立性)の整備、新しい同期ディジタルハイアラーキの規格化などを加えた結果、ディジタル通信の環境はほぼ完成の域に達しつつあります。

今後は、新しいネットワーク原理であるATM(非同期転送モード)や光アクセスシステムなどの最新の技術的成果を反映し、21世紀のマルチメディア社会への架け橋となるB-ISDNの早期完成を目指します。

軒先までディジタル化、完了に向けての第一歩

中継回線の高速・大容量化に続き、進む交換機とアクセス系設備のディジタル化

夢の“ディジタル一元化”が現実に

音声、文字、映像などあらゆるメディア情報を「0」「1」のディジタル信号に変換し、メディアの種類を意識せずに情報を送受信することができるディジタル技術は、来るべきマルチメディア通信の根幹をなす技術です。“ディジタル一元化”が実現すれば、従来のアナログ信号でのやりとりと違い、長距離伝送による信号の劣化・損失が少なく、高品質で大容量の情報を、より効率的に通信できるようになります。

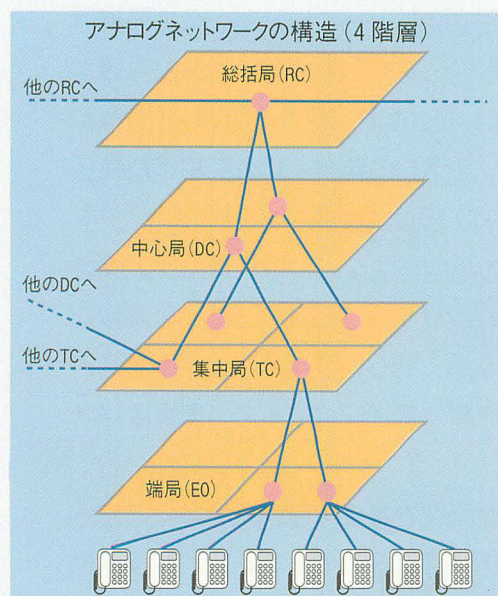
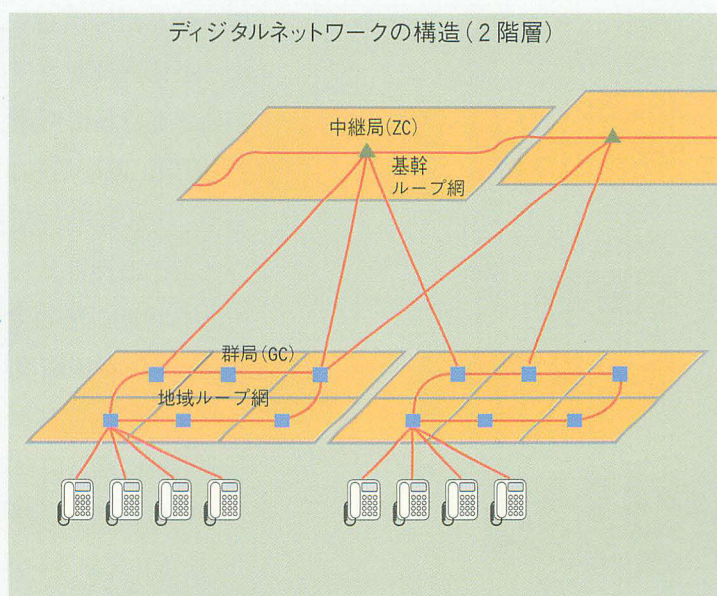
NTTは、ディジタル交換方式、ディジタル伝送方式などの研究開発を通し、ネットワーク(中継)系やアクセス(加入者)系の設備を順次ディジタル化してきました。この過程で敷設した光ファイバのネットワークは、全国の主要都市を網の目のように結んで、その総延長が10万kmを超えるまでになりました。この10年は、ディジタル一元化の夢を現実に引き寄せ続けた歳月だった、といえます。

ディジタル交換機D60/D70の改良

ネットワーク系設備の一つである交換機が、回線接続を機械的に行うクロスバ交換機や、接続制御のみを電子的に行う電子交換機(D10など)から、接続自体まですべてを電子的に行うディジタル交換機に移行し始めたのは、1980年代前半のことです。ユーザと直接つながっている「D70形ディジタル交換機(D70)」、中継回線の接続を行う「D60形ディジタル交換機(D60)」がそれです。ディジタル交換機は回線交換を主目的とした大型コンピュータといえます。

近年、コンピュータ・ハードウェアの革新に伴い、その機能を左右するソフトウェア技術がより重要になってきました。NTTは、ソフトウェアの開発からメンテナンスまで一貫した体制で自主開発を進め、そのノウハウを蓄積してきました。また、1つのソフトウェアを複数の機能ブロック(機能に着目してプログラムを分割したもの)に分けることで、より効率的に開発・変更できるようにしています。NTTが開発したかずかずのハードウェアやソフトウェア技術を搭載したD60は1982年(昭和57年)、D70は1983年(昭和58年)にそれぞれ商用化しています。

ここ数年来、大都市や大都市間を中心に通信需要が急増し、1台のD60およびD70が処理できる回線数を増やすとともに、処理能力を上げる必要が出てきました。そこでNTTは、1989年(平成元年)から高速・高密度・低消費電力化を実現するLSIの開発

■ディジタル化によるネットワーク構造のシンプル化

■改良D70の特徴

項目		改良D70	D70
アクセス回線収容数		約６万回線	約1.5万回線
中継回線収容数		最大約1.5万回線	最大約0.76万回線
通話制御プロセッサ台数（MCP含む）		最大８台	最大６台（高速版）
共通線信号リンク数（48kbit/s）		８対（16リンク）	２対（４リンク）
ISM収容数		最大15モジュール	最大７モジュール
他システムとの接続	アクセス系システム	大容量CT/RT 中容量CT/RT 小容量CT/RT	同左
	オペレーションシステム	LTU、SULTS、STM、EOS、CULTAS、CUSTOM	SULTS、STTF、STM、EOS、CULTAS、CUSTOM
伝送路インタフェース		２Mメタリック、52M光	２Mメタリック

改良D70形ディジタル交換機

や、マイクロプロセッサからソフトウェアまでの見直しを行い、1991年（平成３年）に「改良D60」、1993年（平成５年）に「改良D70」を商用化しました。いずれも、処理の高速・大容量化とともに、装置のモジュール化による小型化と設置工事などの効率化を実現し、トータルコストの削減に寄与しました。

現在、改良D60および改良D70を導入し、進めている交換機のオールディジタル化は、1997年（平成９年）度までに完了する予定です。

高速大容量光伝送「F-1.6G方式」

ネットワーク系設備である伝送装置についても、ディジタル化を推進しています。1985年（昭和60年）７月に完成したディジタル光伝送システムは、F-400M方式という１本の光ファイバで、400Mbit/sの情報（電話で5,760回線分）が伝送できるものでした。しかし、日々増大し続ける情報通信のニーズにこたえるには、早晩、ネットワーク系では少なくとも１Gbit/sオーダの高速・大容量の伝送システムが必要になると見込まれていました。

そこで、1987年（昭和62年）12月、新たに導入を開始したのが「F-1.6G方式」です。F-1.6G方式では、F-400M方式と同じ光ファイバケーブルを用い、電話回線にしてF-400M方式の４倍の“２万3,040回線分

■F-1.6G方式とF-400M方式の主要諸元の比較

項目＼方式	F-1.6G方式	F-400M方式
回線容量（電話回線換算）	2万3,040回線	5,760回線
情報伝送速度	1.5888Gbit/s	397.200Mbit/s
伝送路速度	1.8209Gbit/s	445.837Mbit/s
伝送路符号化方式	スクランブルド　10B1C	
光ファイバケーブル	単一モード光ファイバケーブル（零分散波長：1.3μm）	
光源	DFB-LD	FP-LD
光源波長	1.3μm	
受光素子	InGaAs-APD	Ge-APD
最大中継間隔	40km	

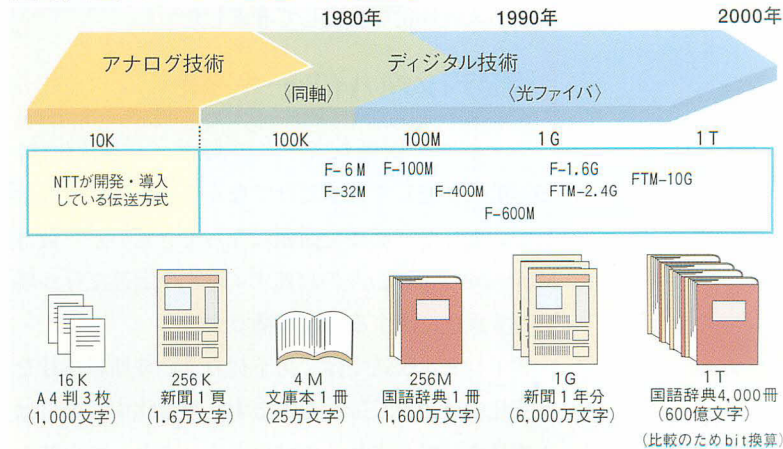
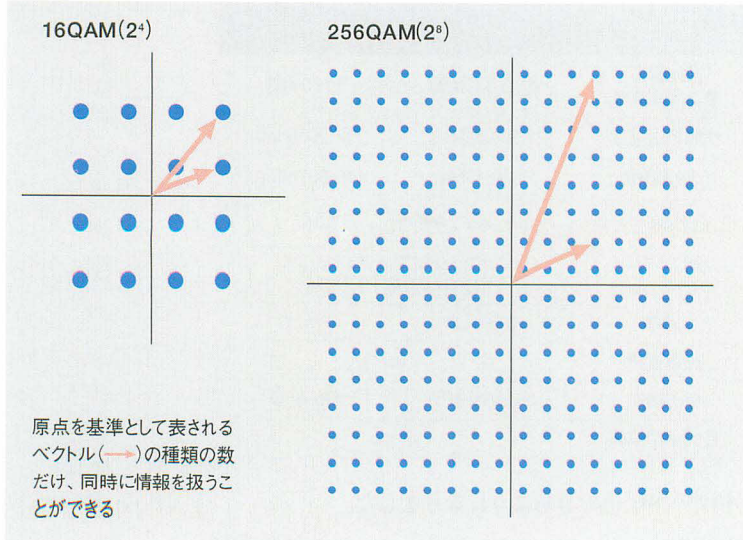
の情報”が伝送できるようになりました。

同じ光ファイバケーブルを用いているのに伝送容量を４倍にできた理由は単純にいえば、光の点滅をより高速化し、たくさんの情報を載せられるようにしたことです。そのために、高速で点滅させても安定した単一波長の光を発振する分布帰還形レーザ（DFBレーザ）や、インジウム、ガリウム、ヒ素を材料にした高感度受光素子の開発、超高速の動作を可能にした、シリコンモノリシックICの製造法の確立など独自技術の開発を行いました。

ディジタル無線伝送方式も大容量に

高速・大容量になったのは、光ファイバを用いた有線の伝送路だけではありません。地震に強いなどの理由により、有線ネットワークを補完する役割を担っている無線系の伝送システムでも、高速・大容量化と高品質化を進めてきました。

1969年（昭和44年）１月、NTTは世界に先駆けて、周波数２GHz、伝送容量６Mbit/sのマイクロ波回線による無線伝送システムのディジタル化を開始しました。その後、1980年代前半には長距離伝送が可能な周波数４、５、６GHz帯のマイクロ波を用い、電

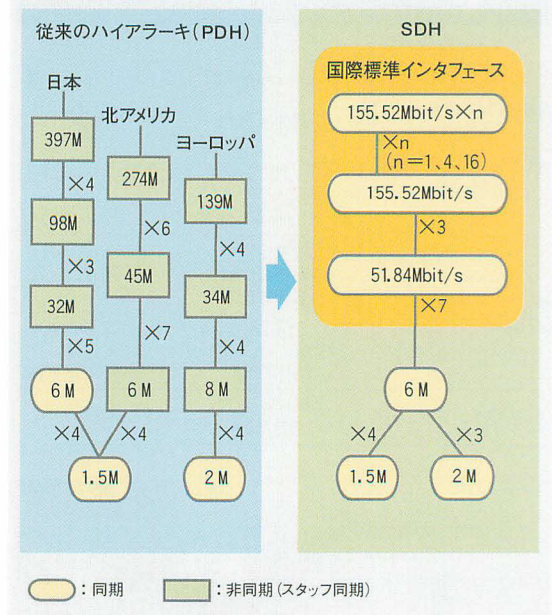
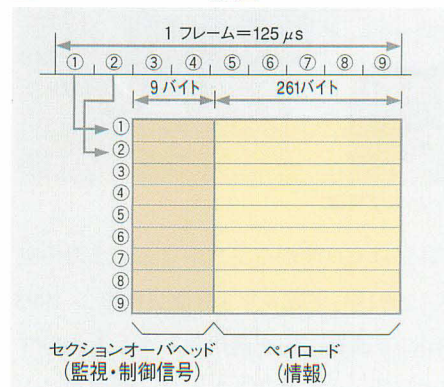
■光伝送技術による高速・大容量化

■QAMの概念図

波の位相と振幅に、同時に情報を載せる直交振幅変調(QAM：Quadrature-AM)を採用して、200Mbit/sの大容量ディジタルマイクロ波伝送方式を開発しました。さらに、1989年(平成元年)には国際標準に対応した300Mbit/sの方式を開発し、導入を開始しました。

無線伝送では、空気の温度分布など、大気中の状態で電波の伝わり方が大きく変わってきます。情報伝送の速度が遅い、つまり1秒当たりの情報伝送量が少ないうちはその補正も容易でした。しかし、300Mbit/sもの高速大容量伝送になると、ちょっとした大気の変化が大きな信号誤りを引き起こし、そのままでは高品質で安定した情報伝送を行うことはできません。また、従来の16QAMに比べ、256QAMという変調方式で伝送するためには、"5倍以上の精度"が必要でした。そこで、受信アンテナを複数設け、そこから得られる複数の受信電波から1つの受信信号を合成するスペースダイバシティ方式やマルチキャリア方式、信号のひずみ補正技術、高指向性アンテナを開発し、さらに主要回路をLSI化して信頼性を高めるなどの工夫を行い、ディジタル無線伝送の大容量化を実現してきました。

「同期ディジタルハイアラーキ」規格

ディジタル伝送システムの高速・大容量化は、1980年代を通して日本だけでなく世界各国でも進行していました。そこで問題になってきたのが、数百Mbit/sから数Gbit/sの高速ディジタル伝送を行う場合の多重化に関する国際規格です。

ディジタル伝送では、何千何万という情報信号を多重化(束ねて)伝送しています。多重化する際には1度にすべてを束ねるのではなく、ステップを踏んで徐々に大容量化する階層構造(ハイアラーキ)になっています。

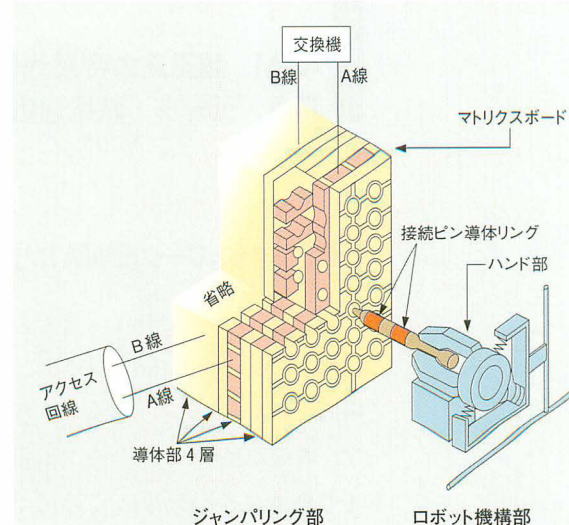
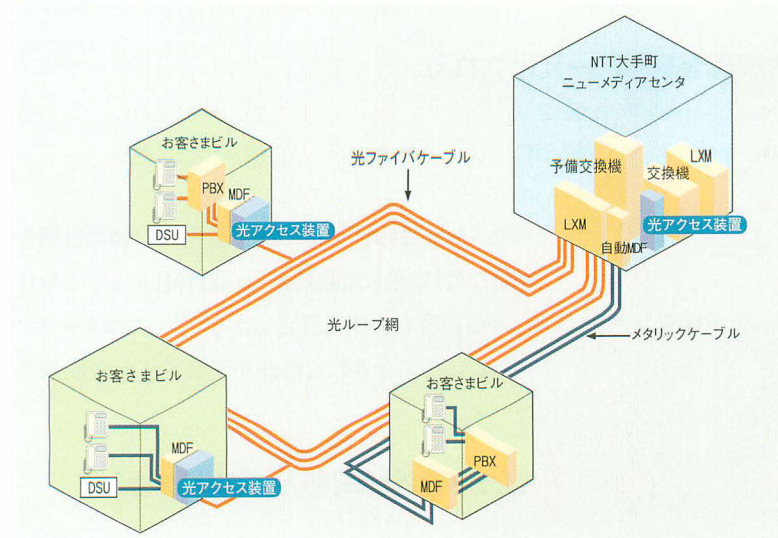
■ディジタルハイアラーキの国際標準化

■SDHのフレーム構造

日・米・欧の3地域では、それぞれ独自にディジタル回線の高速・大容量化を進めてきたため伝送速度のハイアラーキや多重化方法が異なっており、将来の広帯域ISDN(B-ISDN：Broadband-ISDN)で国際間のマルチメディア通信を行う場合などに支障が出ることが予想されました。

そこで、NTTは、多重伝送の基本単位(伝送フレーム)として2,430バイト(270バイト×9)を125μsで伝送し、伝送速度としては155.52Mbit/sとなる規格を考案しました。これを、国際電気通信連合(ITU：International Telecommunication Union)に提案すると、1988年(昭和63年)秋、国際規格として認められ、国際標準となりました。

この規格は、すべての多重化を同期(Synchronous)技術により行うため、「同期ディジタルハイアラーキ(SDH：Synchronous Digital Hierarchy)」と総称されています。

SDHの国際標準化を受けて、世界各国の通信事業

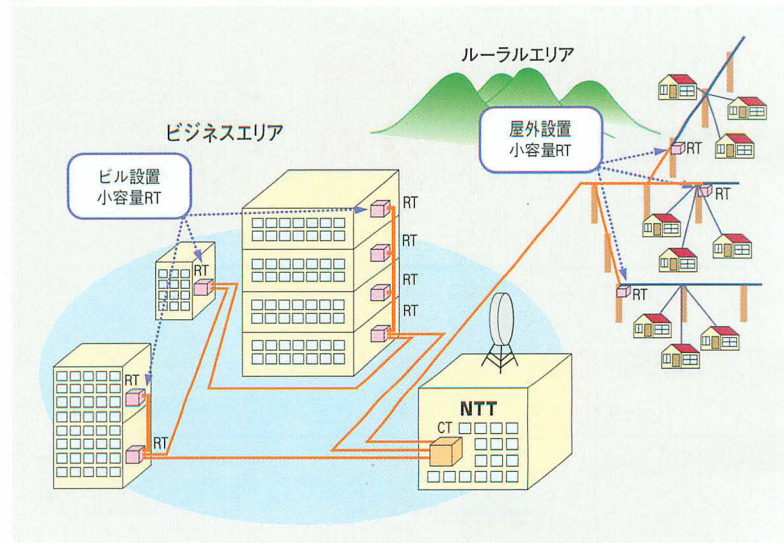
■千代田パイロットプラントの設備構成

■ロボットによる自動ジャンパリング(自動MDF)の原理

者は、ネットワークを構成する伝送速度ハイアラーキを再編成しつつあります。NTTも既に2.4Gbit/s、10Gbit/sまでの方式を実用化しています。このように、将来の国際マルチメディア通信、超高速国際通信のための環境も整いつつあります。

「軒先まで光ディジタル化」に向けて

主要幹線と交換機までのネットワーク系設備のディジタル化が進んでも、まだお客さま宅までのアクセス系設備のディジタル化という課題が残っています。各家庭へ、高品質で大容量のディジタル通信サービスを提供するため、「Iインタフェース加入者系モジュール(ISM:I-Interface Subscriber Module)」を商用化し、1988年(昭和63年)から、全国に順次導入するとともに、既存のメタリックケーブルを活用して、144kbit/sの信号を伝送できるピンポン伝送方式を開発しました。これらアクセス系のディジタル伝送技術、同期化技術、ディジタル交換技術が融合して、INSネット64のサービスが開花しました。さらにアクセス系設備の高度化のために、アクセス回線と交換機をつなぐ主配線盤(MDF:Main Distributing Frame)や、MDFを経てきたアクセス回線を交換機に振り分けるジャンパは、1991年(平成3年)から自動MDFや加入者系半固定パス接続装置(LXM*1)などの装置に置き換え始めました。

一方、より高度で多様な通信サービスの提供に向けてアクセス網の光化も積極的に進めています。しかし、約6,000万にも及ぶアクセス回線の1本1本を従来のメタリックケーブルから光ファイバケーブルに置き換えるには多くの時間を要します。また、都市部では、新たなお客さまに提供するアクセス回線を確保する余裕も新しくケーブルを敷設する余裕もなくなってきています。そこで、お客さま宅の近くにRT(Remote Terminal)、交換機側にCT(Central Terminal)という装置を置き、その間を既存のメタリックケーブルに替えて大容量の光ファイバケーブルを敷設して結び、アクセス回線数の余裕を確保すると同時に、将来の光アクセス網の主要部分を先行して構築しておくことを狙いとして開発されたのが、「CT/RT」という方式です。

最初のCT/RT方式は、1990年(平成2年)にスタートした「千代田PP(パイロットプラント)」に導入されました。大手町・丸の内の約8万加入のエリアに延べ11.3kmにも及ぶ1,000心の光ファイバケーブルの敷設と約110セットのCT/RTを設置し、フィールドトライアルを実施しました。この千代田PPで得られたさまざまなノウハウを生かして、アクセス系のディジタル化を急ピッチで展開しています。ディジタル化と光ファイバ化の波は、いま"軒先のすぐ近くまで"来ている時代になっています。

*1 LXM(subscriber Line X-connect Module):光アクセス網において、お客さまのビルのRTからの光ファイバケーブルを、光で多重化されたお客さま回線1契約者ごとに所内の複数の交換機に振り分け接続するための電子ジャンパ装置のこと。

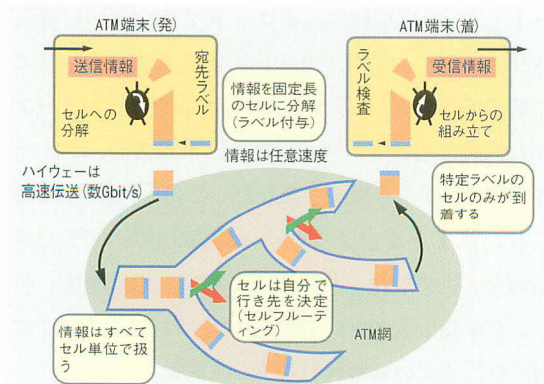
■CT/RTシステムの適用例

マルチメディアの屋台骨

ATM、超高速大容量光伝送技術を基盤に一元化される、音声・データ・映像通信

新しいネットワーク原理「ATM」

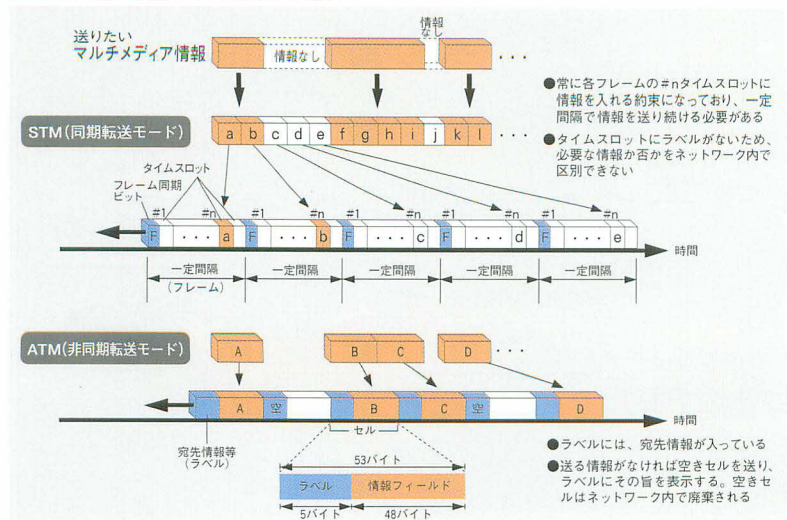
伝送速度が1.5Mbit/sまでの狭帯域ISDN(N-ISDN：Narrowband-ISDN)に対して、21世紀の本格的なマルチメディア社会の実現に向け、音声、文字、映像などのマルチメディア情報を、低速から高速まで自由にかつ効率よく通信できる広帯域ISDN(B-ISDN：Broadband-ISDN)への期待が高まっています。B-ISDN実現のためのキーテクノロジーの1つが「非同期転送モード(ATM：Asynchronous Transfer Mode)」という、新しいネットワーク原理です。

ATMは、送ろうとするすべての情報を"48バイト"の固定長ブロックに分割し、各ブロックの先頭に"5バイト"の宛先情報(ラベル)を付加した「セル」により、情報の送受信を行う方式です。従来のN-ISDNとパケット網の優れた機能(情報の高速通信と効率的伝送)を採り入れ、さらに送りたい情報の特性(情報種別や情報量など)に適した数kbit/s～数百Mbit/sまでの任意の通信速度を自由に設定できるといったマルチメディア通信に必要とされる機能を兼ね備えた画期的な原理です。

■ATMの原理

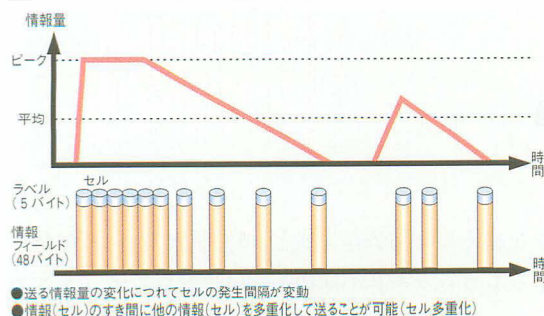
マルチメディア情報を一元的にハンドリング

従来のアナログ電話網、N-ISDNでは、「同期転送モード(STM：Synchronous Transfer Mode)」という方式で情報を多重化して送っています。ATMとの原理の違いを簡単にいえば、STMは常に一定間隔で情報を送り続けるのに対し、ATMでは宛先情報(ラベル)を付けることにより、任意の間隔で情報を送ります。このため、ATMは送りたい情報の特性に応じて、単位時間当たりに送るセルの数を変化させる(情報量が大きくなればなるほどセルの送信間隔を短くする)ことで、任意の通信速度が実現でき、多種多様なマルチメディア情報を一元的に扱えることが最大の特徴です。

また、ATMは送ろうとする情報ブロックごとにラベルを付与するという点では、従来のパケット通信に似ています。しかし、パケット通信では可変長ブロックのため、ソフトウェアで宛先情報を解読して処理する必要があり、1.5Mbit/s程度の通信速度までしか対応できません。一方、ATMはセルを固定長ブロックとすることで、宛先情報をハードウェアで高速処理できるため、数百Mbit/s以上の高速通信が可能です。さらに、パケット通信と同様に、ユーザは送りたい時に必要な情報だけを送ればよいため、ネットワークの効率的利用を図ることができます。

■STM方式とATM方式の違い

ATMノードシステム(ATM回線処理モジュール)

■ATMにおける情報のセル化

■ATMコネクションレス通信

ATMシステムが始動

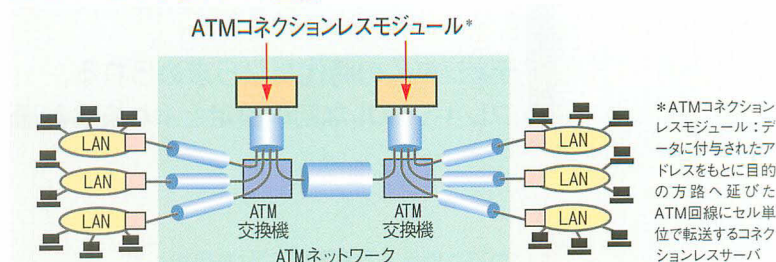
NTTは、1985年（昭和60年）4月に、ATMの研究に着手しました。研究の初期段階から、世界をリードするとともに、国際標準化にも大きく貢献してきました。

ATMの実用化研究は、1992年（平成4年）に従来の交換機に相当するATMノードシステムや多重伝送装置に相当するATMリンクシステムの実験を開始し、段階的に実用化を進めてきました。1994年（平成6年）には、ATMネットワーク上でLAN間通信をより効率的に行うことができる「ATMコネクションレスモジュール」を開発しました。

一方、1995年（平成7年）9月に、高速データ通信のための「セルリレーサービス」を提供開始しました。このサービスは、ATM方式による商用第1号です。さらに、より経済化・高機能化したATMシステムを適用した、学術情報ネットワーク（大学間のATMバックボーンネットワーク）の構築が、1996年（平成8年）から開始されようとしています。

光伝送も毎秒ギガビットオーダの時代に

B-ISDNを実現するネットワーク技術は、ATMだけではありません。光伝送技術においても、低損失のシングルモード光ファイバや、光が分散しにくいという特徴をもつ波長帯1.55μmのレーザ光源、光信号を光のままで増幅する光ファイバアンプの開発などがブレークスルーとなって、2.4Gbit/s、10Gbit/sという超高速の光ファイバ伝送が可能になりました。既に、光ネットワークの基幹部分では各種装置の置き換えを終了し、2.4Gbit/sに続き、1995年（平成7年）度には10Gbit/sもサービスを開始しました。

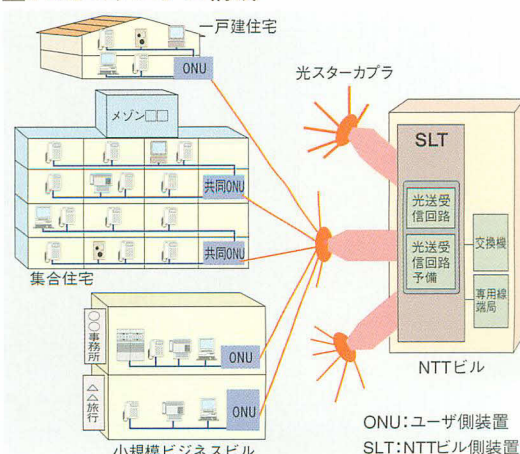
これらの技術に、現在研究中のリング型発振による短パルスレーザが加われば、400Gbit/sの光ネットワークの構築も可能となります。B-ISDNの伝送路は、主にこれら超高速の光ファイバネットワークが担うことになります。

「パッシブダブルスターシステム」が実現するマルチメディアサービス

B-ISDNの構築のため、企業や家庭とNTTの交換機までを結ぶ光アクセスシステムの開発にも着手しています。1992年（平成4年）末には、16軒（ユーザ）からの光ファイバをいったん光スターカプラという部品で束ね、光スターカプラとNTTビル内の装置（SLT：Subscribe Line Terminal）を光ファイバで結んだ、「パッシブダブルスター（PDS：Passive Double Star）」という方式の試験が開始されました。

パッシブとは、光のままで多重化することで、ダブルスターとは光スターカプラで1度、SLTでもう1度と、2段にわたって信号が多重化されることを意味します。B-ISDNの時代には、1本の光ファイバのなかに多重化された光信号が、ユーザと光ネットワークの間を高速で行き来することになります。

NTTは、これらのネットワークの高度化を目指すさまざまな研究開発成果をもとに、高度マルチメディアサービスの検証および評価を行うため、1991年（平成3年）からVI&P総合実験をスタートさせました。

第Ⅰフェーズ（1991年〈平成3年〉～1993年〈平成5年〉）では、メタルアクセスのN-ISDNで、パソコン在席会議などのN-ISDNサービスの検証実験を、また、第Ⅱフェーズ（1993年〈平成5年〉～）では、光アクセス、ATMを中心とするB-ISDNで、高速コンピュータ通信やVODなどのサービスの検証実験を行ってきました。NTTでは、これらの実験を通してネットワーク構成技術と各種サービスの有効性を検証し、マルチメディアの“屋台骨”となるB-ISDNの構築に向けて邁進を続けています。

■PDSのシステム構成

高信頼の通信環境

ディジタルの時代だから求められる、
フレキシブルな回線設定とより安全な通信環境

いつでも使える「通信の確保」を目指して

電話を始めとするあらゆる通信サービスは、必要がある時に直ちに使えるということが基本です。

NTTは、この考えのもと、常に通信需要に対応したネットワークの構築に努めています。しかし、ときに予測を超えて需要が急増したり、災害発生時などの特定地域にトラヒックが集中することによって、いくらダイヤルを回しても相手につながらない「呼損」と呼ばれる状態が発生することがあります。

そのような時に、回線を効率的に運用して、呼損を回避するための研究開発を行ってきました。2地点を結ぶ直通回線が、すべて使用中となった時に、迂回ルートを柔軟に設定し、通話を確保する「ダイナミックルーチング」と呼ばれる技術の開発です。

ハイブリッド方式「STR」の開発と導入

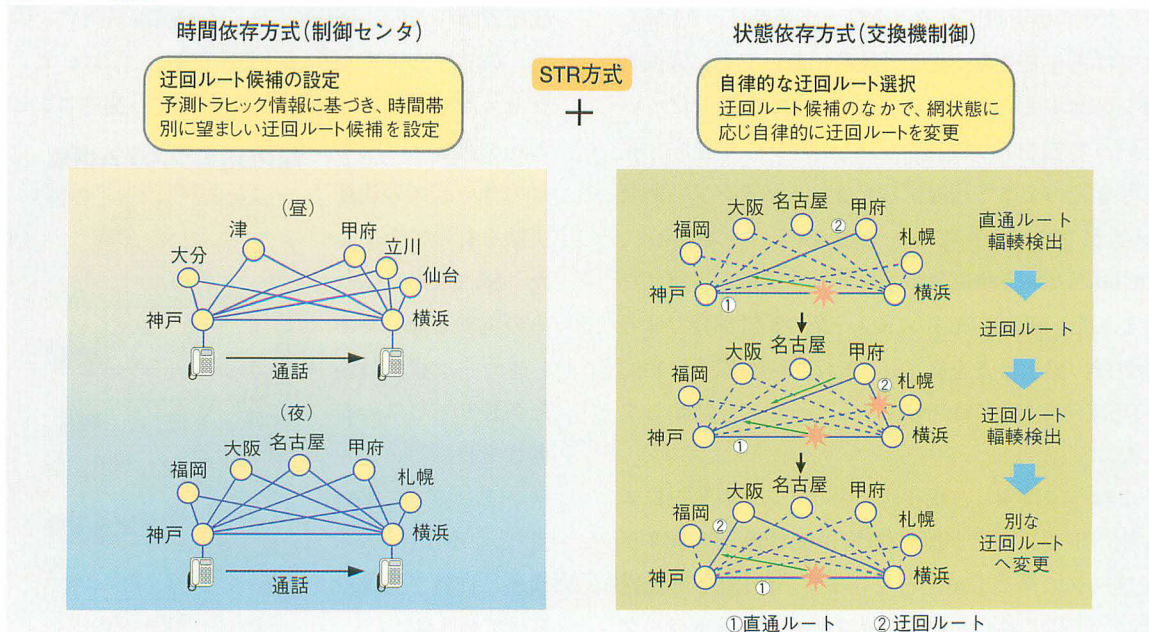
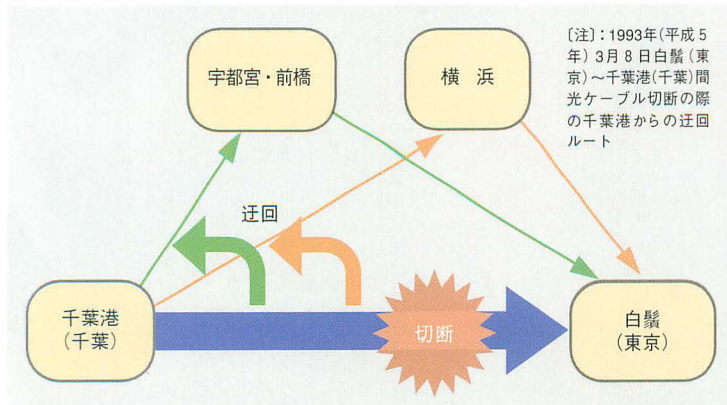
NTTでは、1980年代前半から、ダイナミックルーチングの基礎研究を開始し、1988年(昭和63年)に、実用化研究段階に入りました。1992年(平成4年)5月に関東地区から導入を開始し、順次全国に拡大、1994年(平成6年)に完了しました。

ダイナミックルーチングには、トラヒックの多い時間帯と少ない時間帯とで迂回ルートの設定パターンを変える時間依存方式と、時間帯にかかわりなくネットワーク全体の回線の使用状況をみて、空きの多い回線を迂回ルートに設定する状態依存方式とがあります。NTTが開発した方式は、両方式のメリットを備えた「STR：State-and Time-dependent Routing」方式と呼ばれるもので、日本のように昼と夜で回線のトラヒック変動が非常に大きな場合に適合した仕組みです。

STR方式では、昼と夜、それぞれの時間に対応して、迂回ルートの候補を何通りか設定しておきます。その作業は制御センタのコンピュータが行いますが、実際に迂回ルートを選択し決定するのは各中継交換機(改良D60)で、1通話ごとにつなごうとする先の回線状態(混み具合)を自動判別して、いくつかの候補のなかから最適な迂回ルートを決定しています。

STR方式は、迂回ルートが固定されていた従来の固定式ルーチング(遠近回転法)などと比較して、柔軟性や信頼性、さらには、回線の運用効率の面で格段に優れた方式で“必要な時にいつでも使える通信サービス”の確保に大きく貢献しています。

1993年(平成5年)3月8日に、千葉〜東京間で起きた光ファイバケーブルの切断事故において、本方式の有効性が実証されました。この事故では1,152回

■STRの概要

■光ケーブル切断時の迂回ルート設定例

全国の回線の運用状況を一元的に管理するトラヒック総合管理システム

線中692回線が使用不能となりました。その日の9時から12時までの総通話回数は、5万2,784コール、回線が足りずにあふれてしまったコール数は2万494コールでしたが、STR方式によって、宇都宮や前橋、横浜経由などの迂回ルートが設定されたために、そのうち1万4,122コールは通常通りつながり、「呼損」は6,372コール（全体の12%）に抑えることができました。

ノイズの発生と悪影響をいかに防ぐか

通信の世界では、ダイナミックルーチングのように、ディジタル化によって可能になったことが多くあります。しかし一方で、ディジタル化したため、より一層の注意が必要になることもあります。その代表例が、「ノイズ」の問題です。

LSIを多用したディジタル交換機などの通信機器や一般のユーザが使う端末機器は、トランジスタやリレーを使うかつての機器に比べ、外部からの電磁雑音に極端に弱くなっています。

また、通信機器から発生する電磁雑音が、周辺に置かれたほかの通信機器やテレビ、パソコンなどに悪影響を与える場合があります。通信がディジタル化され高速・高品質になっても、この電磁雑音の問題を見過ごしては将来に禍根を残すことになります。

そこで、1980年代後半から「通信EMC（ElectroMagnetic Compatibility：電磁環境両立性）」の研究を開始しました。

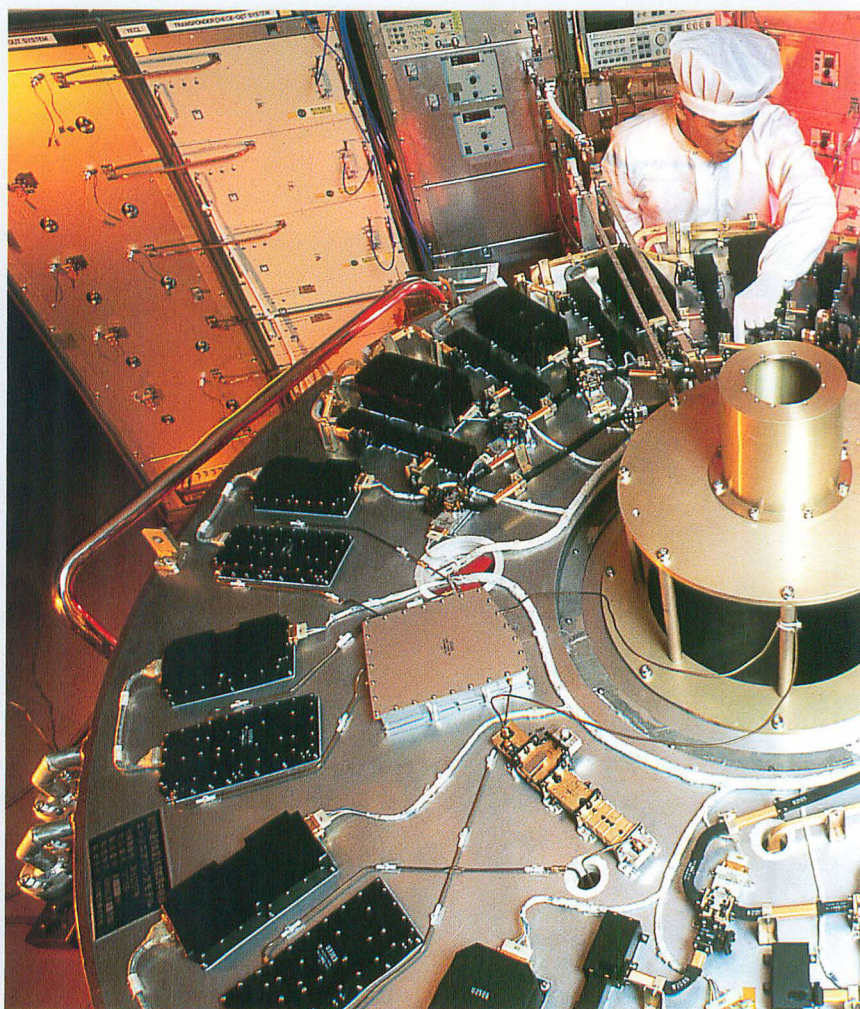
電磁雑音を測定する電界センサや特殊アンテナの試作から始めたこの研究は、まず、通信機器から出る電磁雑音の防止を狙いとしました。1990年（平成2年）6月に、電磁妨害波の「エミッション（伝導・放射）社内指針」第1版を出すとともに、情報処理装置等電波障害自主規制協議会（VCCI*1）に加盟し、1992年（平成4年）6月には、第2版を策定しました。NTTが設計・開発し、販売する機器はいうまでもなく、NTTが導入するすべての機器について、VCCIの規制値をクリアする体制を整えました。

*1 VCCI：Voluntary Control Council for Interference by data processing equipment and electronic office machines

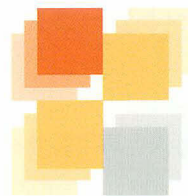
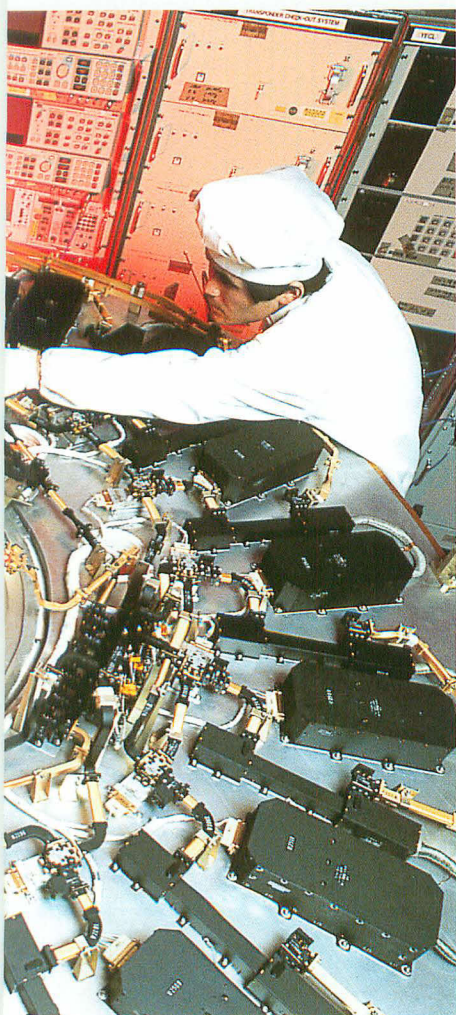
さらに、電磁雑音に対する通信機器の防護という面では、1990年（平成2年）11月に、電磁妨害波に対する「イミュニティ（耐力）社内指針」第1版を、1992年（平成4年）末には第2版を策定し、通信機器や一般ユーザ用端末機器における対処法の策定や、防護部品の開発へと進んできています。

また、NTTは、通信EMCに関する国際電気標準会議（IEC：International Electrotechnical Commission）や国際電気通信連合（ITU：International Telecommunication Union）などの国際機関の検討の場にも積極的に参加し、NTTの成果を、標準化に反映させるなど産業界へも大きく貢献しています。

通信分野では最大級の通信EMC研究用電波暗室

NTT横須賀研究開発センタ内の衛星通信用パラボラアンテナ

通信衛星CS-3に搭載の中継器(トランスポンダ)

全国8ヵ所に配備された車載型衛星通信地球局。災害時、イベント中継など、出動の機会は多い

サテライトネットワーク化

技術試験衛星(ETS-Ⅳ)に搭載された
大型展開アンテナ(直径3.5m)

衛星による通信サービスの新たな展開

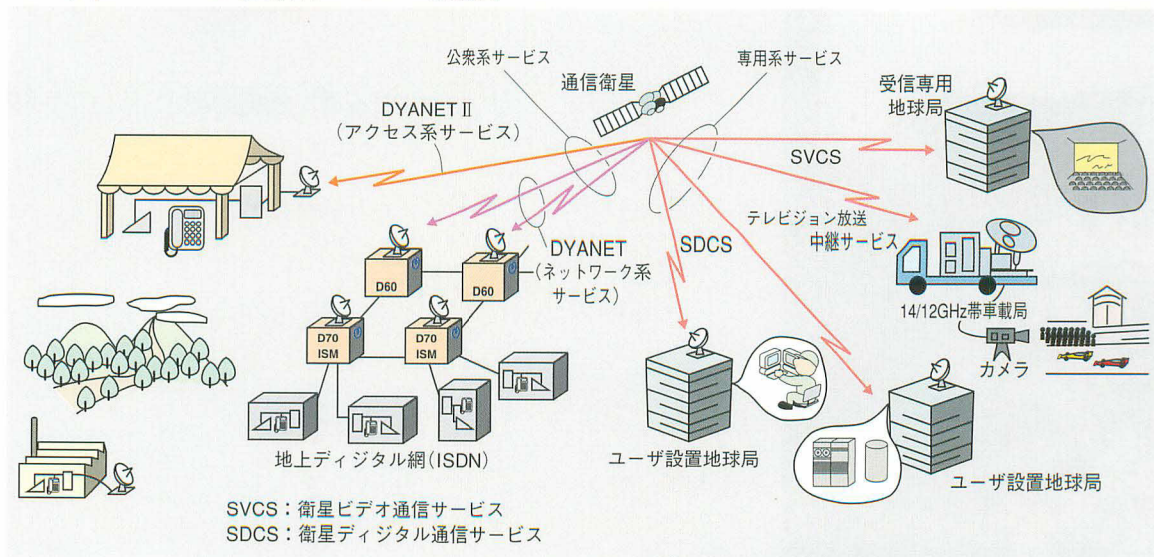
NTTは、従来から国の通信衛星CS-2、CS-3を用いて、離島通信や臨時回線のサービスを行い、さらに災害対策や地上網の通話混雑解消(衛星共通迂回中継網方式：DYANET)に役立てるなど、通信網の経済的な構築並びに高度化・高信頼化に積極的に活用してきました。また、他社保有の通信衛星を利用し、衛星ディジタル通信サービスおよび衛星ビデオ通信サービスを提供してきました。

そしていま、1995年(平成7年)8月に打ち上げた初めての自社通信衛星“N-STAR”により、衛星通信ならではの広域性・同報性・迅速性などを生かした新しいマルチメディア通信や移動通信をさまざまな形で展開しようとしています。現在取り組んでいる社外パートナーとの共同マルチメディア実験や、社内システムの構築などはその一例であり、従来のテレビやラジオなどの単一方向型ではなく、地上回線と有機的に連動したユーザ参加型の双方向インタラクティブ通信の実現を目指すものです。

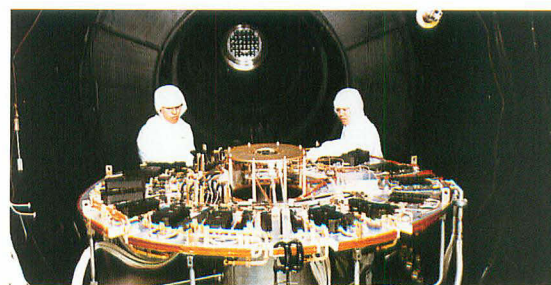
衛星通信は、いまや日常的に利用されていますが、経済・社会のグローバル化やボーダレス化、通信と放送の融合、アクセス系設備の高度化といった著しい環境変化のなかで、機動性と発展性に優れた衛星通信がますますその利用価値を高めていくものと考えられます。

目くばりのきく星、通信衛星

3万6,000kmの彼方から、
地上のネットワークをサポート

■公衆系サービスと専用系サービスの構成例

電話のラッシュは、「DYANET」が解消

NTTの衛星通信サービスは、1983年(昭和58年)から、国の通信衛星CS-2を使用し、地上のネットワークでは対応できない離島との通信、並びに災害時やイベント用などの緊急・臨時の通信手段として活用されてきました。また、広域性や同報性などの衛星通信の特徴を生かして、多地点間テレビ会議などに使われる衛星ディジタル通信サービス、遠隔講義などに使われる衛星ビデオ通信サービスなどの専用サービスを提供してきました。CS-2の後継機として1988年(昭和63年)に打ち上げられたのがCS-3で、より高度な利用方法が開発されました。その1つに「衛星共通迂回中継網方式(DYANET:DYnamic channel Assigning and routing satellite aided digital NETworks)」があります。これは全国の通話の混雑を解消し、より信頼性の高いネットワーク構成を実現する方式です。

ある地域で電話回線が混み合うと、あふれた通話はその地域の地球局から衛星に送信され、おのおのの呼び出し先に最も近い地球局に送り届けられます。日本全国をカバーし、地上のネットワークのどこかが混み合うと、すかさず衛星を経由して混雑を緩和するというシステムです。このシステムには、地上網のダイナミックルーチングで確立した高度な制御技術を用いています。

CS-3搭載用中継器

地球局は全国に60ヵ所設けられています。これらの地球局と衛星が一体となって、1つの大きなネットワークとなるようにシステムが構成されています。これを可能にしているのが、地球局の電波を分割して時間差をつけて送信する時分割多重方式(TDMA:Time Division Multiple-Access)技術です。DYANETは、TDMA技術を利用した世界最大規模の衛星通信ネットワークです。

ISDNサービスの普及・拡大、地球局小型化に貢献

NTTは、1989年(平成元年)5月から他社の商業通信衛星を使って、さまざまなサービスを提供しています。光ファイバ設備が未整備な地域に対して、衛星から直接お客さまに、INSネット64、INSネット1500のサービス総合ディジタル網(ISDN:Integrated Services Digital Network)サービスを提供しているのも、その1つです。このシステムは、DYANETで実現した地上中継網と連動した回線制御技術を、アクセス系にまで拡張したもので、ISDN

阪神・淡路大震災で活躍するポータブル衛星通信地球局

中継系・アクセス系統合衛星通信方式（DYANET Ⅱ）と呼んでいます。

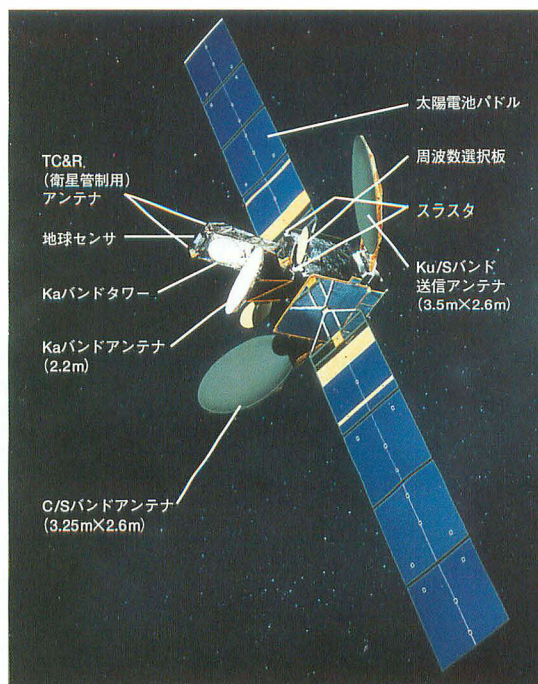
このようなDYANET、DYANETⅡの開発は、同時に地球局の開発も促しました。地球局は、CS-2時代の８ヵ所からDYANET導入とともに60ヵ所と大幅に増設されることになったため、TDMA装置の低コスト化、小型化を目指してLSI化を進め、従来の装置と比較して５分の１まで小型化しました。また、CS-3にはa号機とb号機の２機があり、地球局で両衛星からの電波を１つのアンテナでキャッチするためのデュアルビームアンテナ、並びに回線制御局のソフトウェアなど総合的な開発が行われました。

1994年（平成６年）９月には、DYANETⅡの技術を用いてポータブル衛星通信地球局を開発しました。それまで運搬には大型トラック２台を必要としていたアンテナを直径1.2mに小型化し、数人で運べるようにしました。そしてさらに、この小型地球局をISDN網に接続することにより、電話のみならずデータ通信や映像通信などのサービスも可能としています。

阪神・淡路大震災では、震災発生の翌日にこの小型地球局が神戸市内の避難所など各地に設置され、特設公衆電話を提供することで、被災地の通信のために活躍しました。

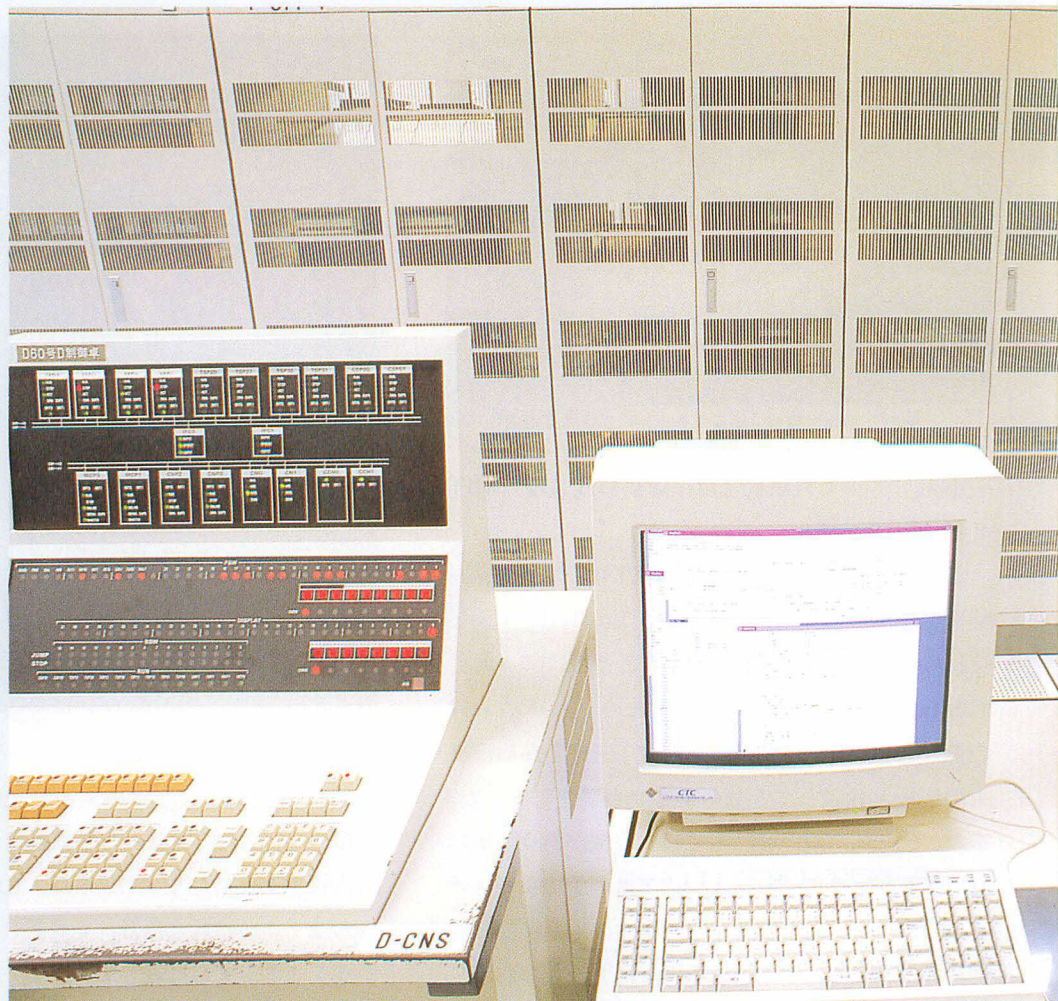
マルチメディア時代の期待を乗せた「N-STAR」

1995年（平成７年）８月に、CS-3の後継機、「N-STAR a」が打ち上げられました。N-STARは国際調達により、NTTが初めて自社所有した通信衛星です。CS-2、CS-3で培った衛星通信技術が大いに生かされています。また、マルチメディア時代を見据え、かずかずの最新技術が搭載されています。

CS-3が使用していた周波数帯に加え、ビームを絞ることにより、地球局の小さなアンテナにも高速伝送ができるようにしたKaバンド（30/20GHz）マルチビームや、広帯域·高出力タイプの中継器（トランスポンダ）を用いて多チャネル映像伝送を可能にしたKuバンド（14/12GHz）、移動通信において端末から直接アクセスしやすいSバンド（2.6/2.5GHz）など、合わせて４つの周波数帯、５種類のビームを使ったトランスポンダを搭載しています。

N-STARの軌道上の想像図

マルチメディア時代に向けた新しい多彩なサービスの展開を目指し、通信衛星利用技術の開発にも一段と拍車がかかっています。

■N-STARの概要

項目	内容
打ち上げ場所	南米　仏領ギアナ　ギアナ宇宙センター
打ち上げロケット	アリアン４型
サービス概要	●N-STARは、現在CS-3などにより提供している電気通信サービスをさらに発展させるための衛星 ●離島通信や電話網・ISDN網の共通迂回、災害対策、移動通信などのサービスを予定しており、離島を含む日本全土をサービスエリアとしている
特　徴	●衛星回線の有効利用およびシングルポップ接続の実現 ⇒異周波数相互接続（クロスストラップ方式）および統合衛星通信システムの実現（Cバンド、Kuバンド、Kaバンド） ●B-ISDN対応方式の実現 ⇒マルチビーム衛星通信方式（Kaバンド） ●衛星移動通信方式の実現 ⇒日本全土や近海を効率的に照射するマルチビーム移動体衛星通信方式（Sバンド）
製造会社	スペース・システムズ／ロラール社（アメリカ）
搭載する中継器数	Sバンド（2.6/2.5GHz）　１本／衛星 Cバンド（6/4GHz）　６本／衛星 Kuバンド（14/12GHz）　８本／衛星 Kaバンド（30/20GHz）　５本／衛星 Kaマルチ（30/20GHz）　６本／衛星 （計26本／衛星）
寿　命	10年以上
重　量	２トン（静止軌道上初期重量）
形　状	27.3m（全長）×11.0m（東西）×6.2m（高さ）
姿勢制御方式	３軸姿勢制御方式（ソーラアレイ展開時）
静止軌道位置	東経132度（a号機）、136度（b号機）

新たに開発したソフトウェアの「動作確認自動試験」の結果を表示するNSP交換機入出力装置

ソフトウェア開発の拠点NTT幕張ビル

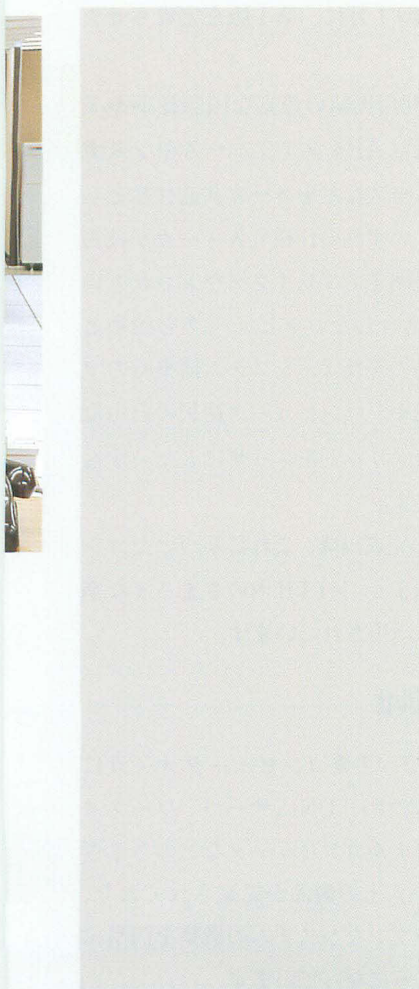
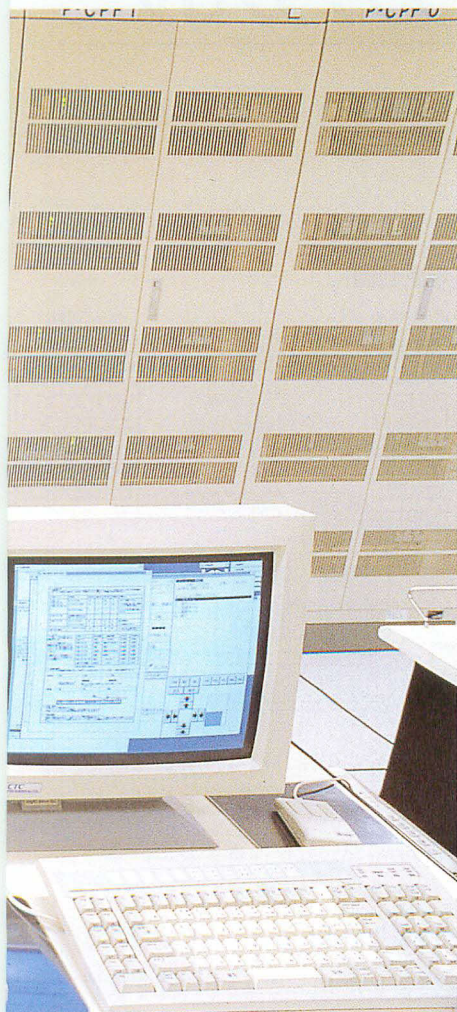
電話機から厳密な各種接続確認がくり返される
D70交換機のソフトウェアテスト

ソフトウェア化

マルチベンダ環境をトータルに支援

マルチベンダ化、ダウンサイジング化、クライアント／サーバ型分散処理化、ネットワーク利用の高度化・多様化といったコンピューティング環境の新しい潮流は、ソフトウェア技術の抜本的な革新を求めています。たとえば、マルチベンダ環境の実現には、必要な場所に最適なコンピュータを分散配置して、通信ネットワークにより有機的に結合したシステムを構築したり、個々のシステムを結合して情報資源の共有化を図るために、ベンダ（メーカ）ごとに異なるプログラミング言語や通信プロトコルの問題を解決しなくてはなりません。

民営化を機にNTTは、サービスコストの削減を狙いとした、ソフトウェアの生産性と品質の向上、そしてソフトウェアの本質に立脚した研究開発など自主技術開発の体制を強化してきました。また、OSからアプリケーションまでの各レベルにおいて、国際および業界標準を踏まえた共通インタフェース仕様の開発を主導し、マルチベンダ環境での効率的なシステムの利用技術や、アプリケーション開発支援システム、通信ソフトウェア作成の自動化など、先駆的な技術開発を行ってきました。

こうした知的財産は、オープンテクノロジとして、日本の産業の発展とNTTの事業に大きく貢献しています。

マルチベンダ環境に適合するオープンテクノロジ

ベンダ共通のインタフェース仕様を規定し、マルチベンダシステムを効率的に構築

マルチベンダのコンピュータ調達仕様「MIA」

従来、NTTは、特定のメーカに依存しないコンピュータとして、NTT標準仕様のコンピュータDIPS(Denden Information Processing System)を用い、社内外の多くのシステムを構築してきました。したがって、ソフトウェア開発や運用は、いわばシングルベンダの製品利用に等しく、ハードウェアベンダ間の利用技術の違いによる支障はありませんでした。

しかし、コンピュータのダウンサイジングとネットワーク利用の高度化・多様化を背景とするマルチベンダ環境が進展するにつれて、広域分散型の柔軟なシステムが望まれるようになりました。このシステムは、必要な場所に最適なコンピュータを分散配置し、それらを通信ネットワークで有機的に結合させ、情報資源の共有化を図ろうとするものです。この実現には、新たな技術の開発が必要でした。

各メーカ(ベンダ)のコンピュータは、OS(Operating System)やプログラミング言語、通信プロトコルなどの種々のインタフェースがそれぞれ少しずつ異なっています。そのために、コンピュータ間でアプリケーションプログラム(AP:Application Program)を共通に使用できなかったり、相互に接続してデータベースなどの資源を共有できない、などの問題がありました。

*1 メインフレーム：データベースやオンライン処理などに用いられる大型計算機。

このような状況のなかで、NTTは、国内外の主要メーカと共同して、世の中の優れた多種多様なコンピュータのハードウェアやソフトウェアを個々のシステムごとに適材適所に使い分けてきました。こうした経験を生かし、全体として効率よく、経済的で、しかも迅速にシステム構築を行うことを目的に、マルチベンダを前提としたコンピュータ調達仕様「MIA:Multivendor Integration Architecture」を開発し、1991年(平成3年)1月に、第1版を完成させました。

■MIAの導入背景と開発経緯

■MIAの概要(規定範囲)

MIAの仕様は、利用実績の豊富な国際標準や業界標準を採り入れて、APインタフェースやシステム間接続インタフェースなどをメーカ共通仕様として規定しています。いずれの仕様も各メーカが技術的に製品化できる範囲までブレイクダウンされています。MIA仕様に適合したコンピュータを始めとするさまざまな製品の普及は、システム構築時のマルチベンダ化の推進や、コンピュータ選択の自由度の向上など、大きなメリットをユーザにもたらすものと期待されています。

MIA仕様第1版の完成以降、これに基づいたコンピュータの調達が始まり、NTT社内のさまざまな業務支援のシステムに活用されています。

「MIA」のグローバル化

MIAは、現在まで、主要コンピュータメーカによりメインフレーム(*1)、UNIXサーバ／ワークステーション、パーソナルコンピュータなどのさまざまなプラットフォーム上の製品が提案されており、ユーザは、よりオープンなシステムの構築を円滑に行うことができるようになっています。

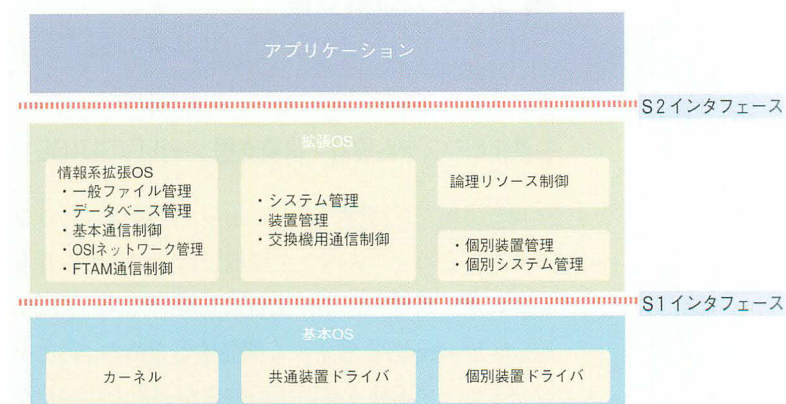
■IROSの開発経緯

さらに、MIA仕様は、NTTも中心メンバーとして参加している、ネットワーク・マネジメント・フォーラム（NMF：Network Management Forum）内のプロジェクトチームSPIRIT（Service Providers' Integrated Requirements for Information Technology）において、世界の通信キャリア共通の調達仕様を作成する際のベース仕様として取り上げられ、SPIRIT仕様として国際的な発展にも貢献しています。

OSインタフェースの標準化

マルチベンダ環境は、また、情報通信のリアルタイム処理、交換処理、通信処理、情報処理などの分野においても進展しています。

NTTは、1985年（昭和60年）からこれらの分野の共通OSインタフェースの開発を開始し、1986年（昭和61年）には、日本電子工業振興協会内のプロジェクトとしてスタートしたトロン協会のCTRON（Central and Communication TRON）専門委員会に参画し、共同開発を行ってきました。開発されたインタフェース仕様書は、「原典CTRON大系全10巻」として出版されています。

一方、NTTとしても、交換機や伝送装置などの調達のために、リアルタイム処理分野での共通OSインタフェースの調達仕様を制定することが必要となりました。そこで、1991年（平成3年）に、CTRONの技術を反映させ、「IROS：Interface for Realtime Operating System」として、基本OS相当のものを第1版としてとりまとめました。

■IROSのインタフェース

IROSの推進

IROSは、異なるコンピュータのハードウェアに共通の論理モデルを提供する“S1インタフェース”と、AP（Application Program）の一元化や記述性の向上を図る“S2インタフェース”から構成されています。マルチベンダ環境下で、それぞれ異なるメーカのコンピュータのハードウェア技術の特徴を生かしつつ、異なる機種上でのAP開発の一元化、流通性、相互運用性を実現しています。

1986年（昭和61年）にはこのIROSを、交換処理についてはISDNサービス用交換機向けに、また通信処理についてはゲートウェイプロセッサ向けに開発を進めました。さらに、DIPS-Vシリーズ上に基本OSおよびゲートウェイ処理に必要な拡張OSを開発し、全国銀行協会の中継コンピュータ（全銀RC）へ導入を図りました。

この成果をもとに、IROSの他機種への展開を積極的に進めています。

■IROSの適用状況（1995年5月現在）

分類		商用	開発中
適用状況	交換	ISDNモジュール 高速パケット中継交換機 フレームリレー交換機 ATMノード	パーソナル通信システム 次世代交換ノード
	伝送	新同期伝送装置	光アクセス系 ATMリンク
	通信処理	蓄積変換装置 中継コンピュータ データベース流通システム	複合通信システム FTゲートウェイ
	OpS	監視試験モジュール トラヒック制御システム	光アクセス系（監視試験）

クライアント／サーバの架け橋

環境変化にフレキシブルに対応できる、システム設計支援

進化型システム設計・構築支援ツール「VGUIDE」

複数の異なる機種のコンピュータで構成されるシステムなどのマルチベンダ環境では、変化する要求条件にタイムリー、かつ柔軟に対応してAP(Application Program)を効率よく開発するための、新たなソフトウェア開発支援環境の整備が必須の状況となってきています。

コンピュータのダウンサイジングを背景として、従来の大型汎用コンピュータをホストとした中央集中処理型のシステムから、処理機能を端末側にもたせるクライアント／サーバ型分散処理化への潮流のなかで、特にクライアント側でのAPの効率的な開発環境の提供が待たれていました。

NTTは、自社標準仕様のコンピュータDIPSをベースとして、各種社内情報システムを構築しています。これらをサービスごとの大型システム、そこに複数接続されている中型システム、さらに、中型システムごとに複数接続されている小型システムから成る3階層のクライアント／サーバ型システムとしてとらえ、その間のデータベースの分散と、情報の流通を実現する進化型システム設計・構築手法の研究開発を民営化以降続けています。

その成果の一つとして、1993年(平成5年)11月に、マルチベンダ環境でAPを開発するためのソフトウェア生産ツール「VGUIDE:Visual and General User Interface for relational Database Environment」を開発しました。

VGUIDEによる操作画面

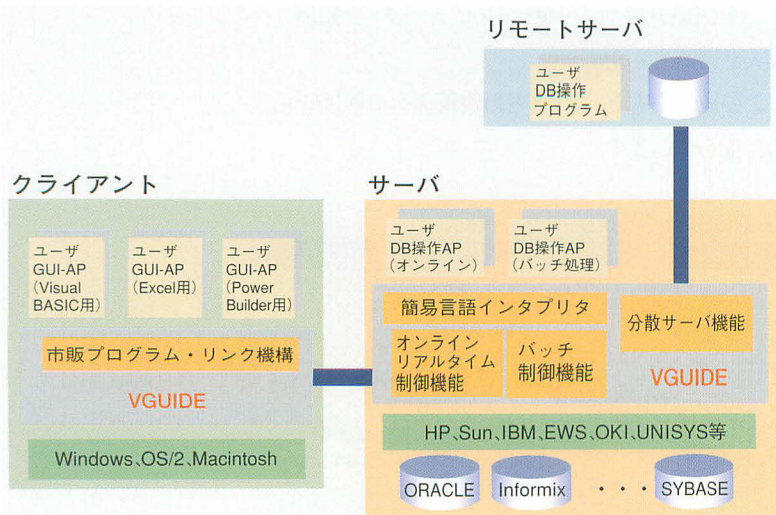
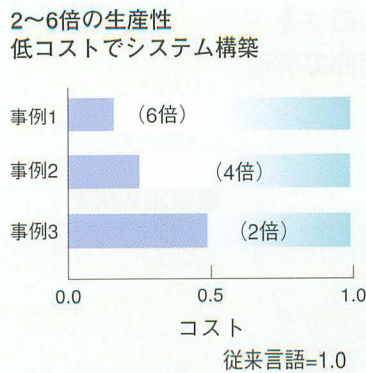
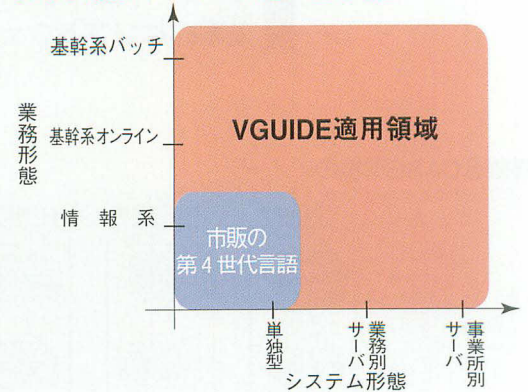
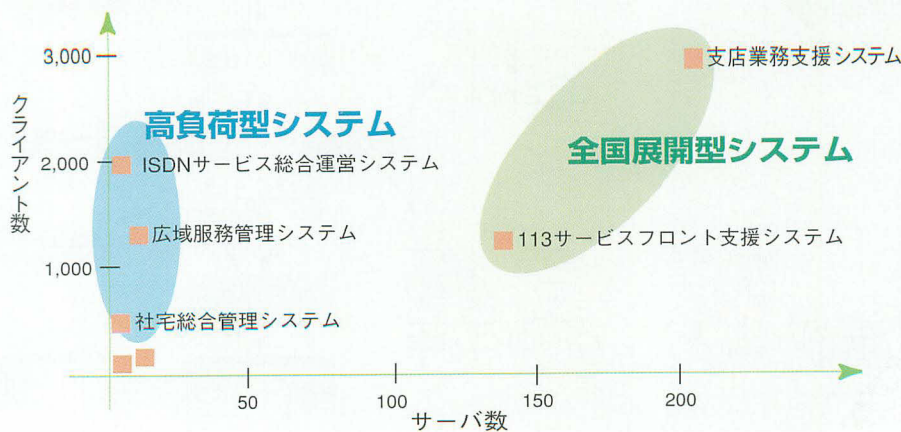
短期間・低コストでAP開発

VGUIDEは、クライアント／サーバ双方がデータベースへのアクセス機構をもち、簡単な入力操作で、業務に精通したエンドユーザ自身がAPを開発できるほか、市販のアプリケーションソフトウェアとのデータのやりとりができる環境を提供しています。

従来のソフトウェアでは、クライアント側にデータベースアクセス機構をもつものがなかったため、オーダエントリや帳票データは、サーバ側の共通データベースを使用するしかなく、多数のクライアントからアクセスが集中する場合には、待ち時間が生じ、作業の効率性が低下していました。

そこでVGUIDEでは、クライアント／サーバ型システムでの性能劣化要因であるサーバ側に、新たに開発したサービスモニタを導入しています。これにより、クライアント側からのサーバ側へのアクセス制御を効率的に行い、クライアント数に依存しない高レスポンス性を実現しました。また、このサービスモニタでの制御により、安価な市販ソフトウェアの使用が可能となり、クライアント／サーバ型システムのより経済的な構築が可能となりました。

さらに、データベースや端末操作画面などの処理の高生産性を狙いとして開発された簡易言語(第4世代言語)を導入しました。これらの技術により、システムの規模にかかわらず、APの開発期間を、従来の方法に比べ5分の1から2分の1の期間に短

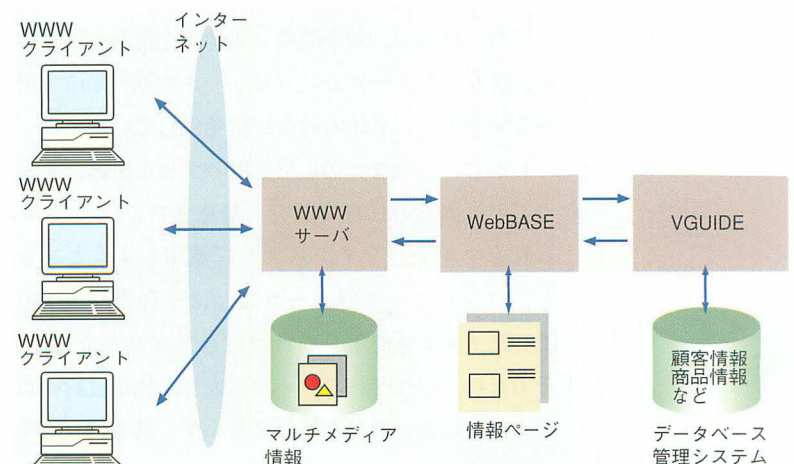
■VGUIDEの構成

■簡易言語による高生産性

■小規模から大規模システムまで適用可能なVGUIDE

縮しました。

NTTは、VGUIDEを、ISDNサービス総合運営システム(ITOS:ISDN service Total Operation System)や、社宅総合管理システム、支店業務支援システム(BASIS:Business ASsistance Integration System)などの社内情報システムに適用しています。これらの実績を踏まえ、1994年(平成5年)12月から、NTTのグループ企業のNTTソフトウェア㈱が、UNIXを用いたクライアント／サーバ環境のソリューションの一つとしてシステム販売を開始し、受発注システム、物流関連システムのほか教育機関での導入など、社外でも広く利用され始めています。

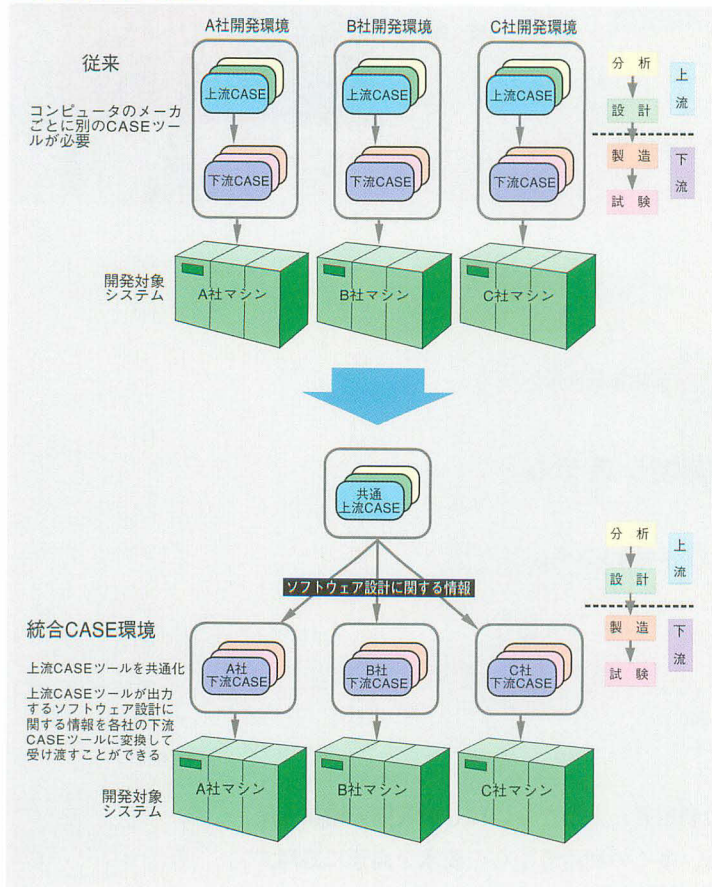
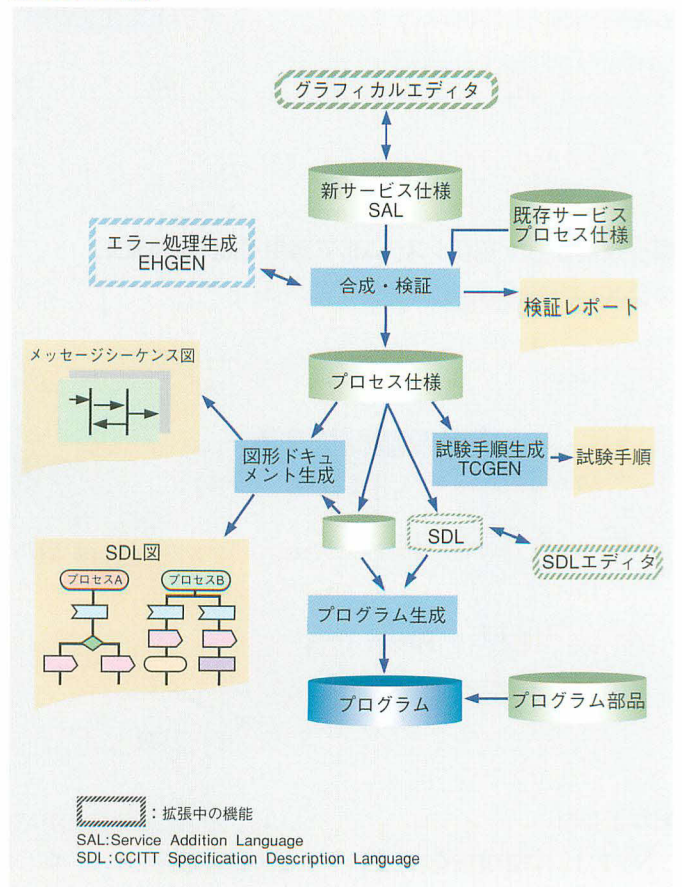
インターネットのビジネス利用を実現

NTTは1995年(平成7年)7月に、インターネット上で商品情報提供などのビジネス利用を容易にする、本格的な情報システム構築技術「WebBASE」を開発しました。これは、VGUIDEを利用し、インターネットで使われているWWW(World-Wide Web)サーバの情報を、高速かつ簡単に取り出すことができるソフトウェアです。この技術により、インターネットの利用者一人ひとりにほしい範囲の情報を提供したり、多くの利用者からの要求を高速に処理するなど、これまで難しいとされていたインターネット向けのAP作成を、短期間で可能とする環境を提供しています。

折から高まってきているインターネットビジネス分野での利用が大いに期待されます。

■インターネットを用いた情報システムの構成

ソフトウェア開発をやさしく支援

マルチベンダシステムにおける効率的なソフトウェア開発の実現

■統合CASE環境のイメージ

■SDEの構成

共通のCASEツールを開発「統合CASE環境」

大規模情報処理システムの構築において、ソフトウェアの開発にかかる費用のウエートが高まっています。このため、ソフトウェアの開発をコンピュータを使って効率化しようというのがCASE(Computer Aided Software Engineering)です。

また、合理的、効率的なシステムを構築するために、異なったメーカのコンピュータを適材適所で用いるマルチベンダ化の動きが活発化しています。

しかし、これまでのCASE用のツール類は、メーカごとに固有の仕様で開発・製造されていたため、これをマルチベンダシステムに適用しようとすると、コンピュータのメーカごとにそれぞれ専用のCASEツールを使用しなければなりませんでした。そのため、それぞれのツールに応じた使用技術の習得や設計作業を行わなければならず、効率的な開発ができませんでした。

こうした問題を解決するため、NTTは、1993年(平成5年)10月に、異なるメーカのコンピュータのソフトウェア開発を、共通のツールを用いることによって効率化する「統合CASE環境」を実現しました。

ソフトウェア開発費を大幅低減

ソフトウェア開発には、分析－設計－製造－試験という一連の流れがあります。開発するソフトウェアの分析・設計を効率化する上流CASEツールと、それをもとにソフトウェアの製造・試験を効率化する下流CASEツールが、各メーカごとに数多く市販されています。

NTTが開発した統合CASE環境では、要求分析・設計支援CASEツール(上流CASE)はメーカによらず共通に使えるものとし、製造・試験支援CASEツール(下流CASE)は、各メーカの市販ツールを利用できるような構成にし、上流CASEから下流CASE

■上流CASEツールのメニュー画面

への設計情報の流通を実現しています。

統合CASE環境実現の最大のポイントは、NTTが開発した上流CASEと、複数メーカの下流CASEがもつソフトウェア設計に関する情報の対応関係を分析し、データ設計(データ構造・リレーショナルデータベースなど)と処理設計に関する情報の標準形式を定め、この標準形式の情報を各メーカの下流CASE情報に変換する設計情報変換技術を確立したことです。

統合CASE環境によって、CASE用ツールによるソフトウェア開発の効率化のメリットが十分に発揮され、100万ステップ以上といった大規模プログラムをもつ大型マルチベンダシステムにおいて、ソフトウェア開発費の大幅な低減を可能としました。

NTTは、この統合CASE環境を、新電子番号案内システムの開発に適用するとともに、メーカ別に展開されている下流CASEツールの機能別統合など、さらに合理的なCASE環境の実現に向けて研究開発を続けています。

通信ソフトウェア開発環境「SDE」

通信ソフトウェアは、一般のソフトウェアとは異なり長期にわたって運用・保守され、しかも頻繁に機能改良されます。したがって、機能の追加・修正へ柔軟に対応できることが重要となります。このため、機能の追加・修正を支援する通信ソフトウェア

■上流CASEツールのデータフロー図エディタ

開発環境「SDE：Systems Design Environment」の研究開発も行っています。

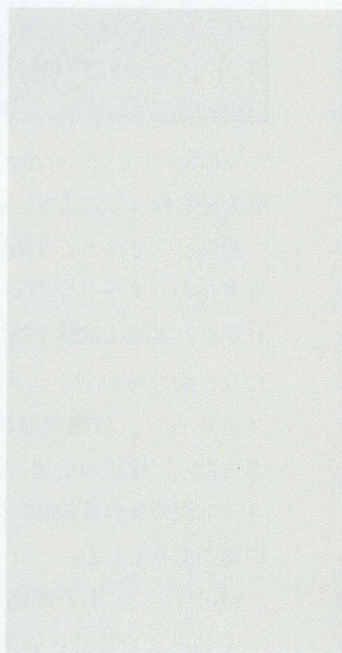
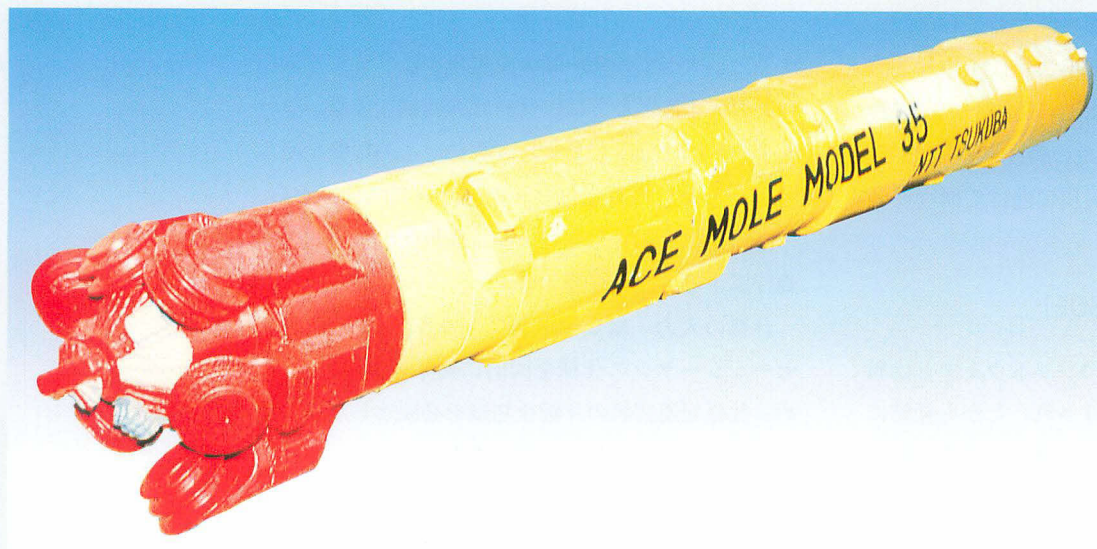
通信ソフトウェアを開発する場合には、さまざまな変化のパターンを想定して設計を行っています。しかし、実際に試験や運用をしてみるとエラーが出たり、設計時のドキュメント(メッセージシーケンスチャート、状態遷移図など)がすべて手書きであったり、機器の追加・修正を行った場合のドキュメント間の整合性保持(メンテナンス)が困難などの問題がありました。

SDEは、こうした問題を解決し、通信ソフトウェアを効率よく設計・管理する開発支援システムです。

通信サービスの仕様をサービスごとに個別に記述すると、すべてのサービスを実現するプログラムを自動合成するとともに、サービス仕様に矛盾がないかを自動的に検証します。さらに、この特徴を使って、あらかじめ用意した一連のサービス仕様から、一部を選択、編集してカスタマ専用プログラムを自動作成することも可能です。

仕様の入力・編集はグラフィカルエディタ(メッセージシーケンス仕様を図的に編集可能)によるため、仕様記述言語の詳細な知識を必要としない、使い勝手のよいものとなっています。

SDEは、通信ソフトウェアの開発を幅広くサポートする環境を提供しています。

厚木研究開発センタのクリーンで効率の高いコージェネレーションシステム

インテリジェントビル「大手町ファーストスクエア」
(第Ⅰ期1992年〈平成4年〉竣工)

最長距離500mを掘り進む無人ロボット「エースモール」

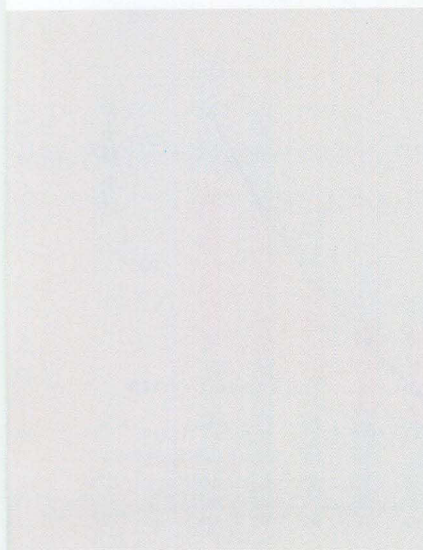
省エネルギー化

地球環境保護を視野に入れた高度なサポート技術

「いつでもかかる、つながる」。電話を始めとする通信の信頼性をより高めるとともに、地球資源・環境問題を視野に入れた多くのサポート技術があります。この分野でも絶えず技術革新が図られています。

急ピッチで進む光ファイバケーブルの敷設。そのために、NTTが開発した非開削技術や地下埋設物探知などのセンシング技術は、環境保護の視点からも注目されるものとなっています。また、災害など万一に備えた耐震技術や、通信設備に電力を安定供給するための分散給電システム、オフィスに快適なマルチメディア環境を実現するためのインテリジェントビル技術なども、独自の技術の開発・蓄積とその活用に努めているものの一つです。

さらに、もう一歩踏み込んだ技術分野では、有限の地球資源をより有効に活用するため、発電機の排熱を冷暖房に活用するコージェネレーションシステムや、天然ガスを燃料にした燃料電池の開発などにも精力的に取り組んでいます。

これら多岐にわたるサポート技術は、高度情報社会を支える通信インフラストラクチャの構築とエネルギー不足を始めとする地球資源・環境問題への対応のために不可欠な技術であり、NTTの総合力を結集しています。

賢いモグラが敷きつめる、光ファイバケーブル網

地上から暗闇の地中をパソコン操作で掘り進む

年間延べ約1,000㎞の光ファイバケーブル建設

通信用のケーブルは高温多湿にも寒冷にも耐え、都市開発などのさまざまな工事によるトラブル、そして地震や台風などの自然災害にも耐えられなければなりません。また、地上に設置した電柱やケーブルは美観を損なう場合もあります。このため、NTTでは地下に通信ケーブルを収容するための管路を積極的に建設しています。現在、光ファイバケーブル網を構築するため、1年間に新たに建設、または取り替える地下管路は、"延べ約1,000㎞"に及び、地中化率は、20%に達しています。

一方、掘削時の振動などに対する規制も大変厳しくなっています。また、環境保護の観点から、工事によって掘り出す土の量もなるべく少なくすることが求められています。こうした社会的要請にこたえるとともに、通信ケーブルの地中化をよりスムーズに促進するため、NTTは、非開削技術(*1)を駆使した地中化施工技術の研究開発を進めています。いまやこの分野で世界第一級の水準に達しており、現在、大都市部の工事では、20%以上を非開削工事で行っています。

*1 非開削技術：道路を掘り起こさずに地中に管路を建設する技術。地下鉄工事などのシールド工法もその一つ。

最長距離500mを達成、掘り進む「無人ロボット」

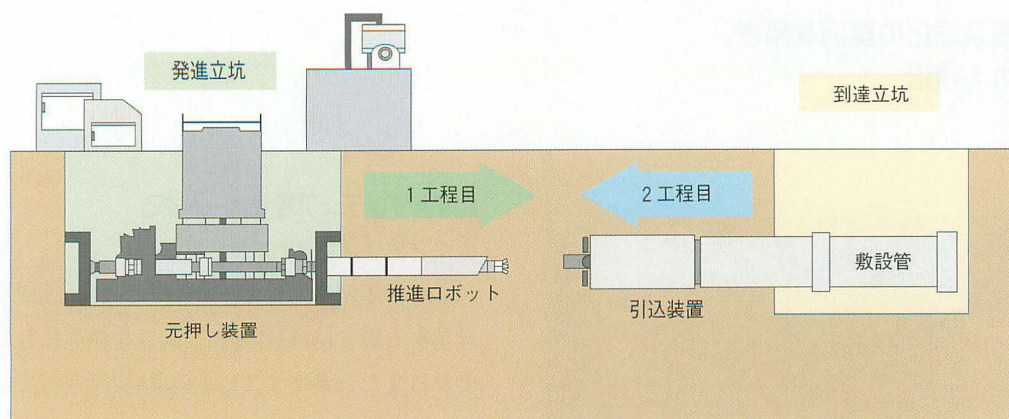
NTTが1986年(昭和61年)に独自に開発した非開削技術が、「エースモール(Automatic Controlled Equipment-Mole)」と名づけられた工法です。これに用いる装置の基本的な構成は、地中を掘り進む推進ロボットと、推進ロボットや推進管を押し出す元押し装置、および各装置をコントロールするコンピュータ内蔵の制御装置などからなります。

エースモールには掘る距離の長さと土質(軟らかい粘土質か、小石の混ざった硬い土か)に対応して4つのシステムがあります。

掘り進む方法には、軟らかい土に適した無排土圧入式と、小石の混ざった硬い土に対応するための掘削・排土式の2つがあります。無排土圧入式は、推

■エースモールの機種

■各エースモール機種の施工実績

■エースモールの概要

進ロボットを土に押し込んでいき、土を外部に出さない方式。掘削・排土式は、推進ロボットの先端に取り付けた強固な突起の掘削ビットが土を削ったり、石を割って小さな粒子にし、これに水や加泥剤を加えてスラリー状にし、管から吸い出して進んでいく方式です。推進ロボットが目的地に到達すると、その管のなかに、敷設管路をつけた引込装置を取り付け、推進ロボットのつけ根である元押し装置まで引き戻して完了となります。

口径30cmのタイプでは、1回に掘り進む距離として"最長記録の500m"を達成しています。また1990年(平成2年)には、ドイツで開催された地下公共施設の非開削技術において権威ある「NO-DIG国際会議」で大賞を受賞しました。

エースモールの開発によって、工事の大幅な効率化が図られるとともに、何よりも工事の安全性が向上しました。

地下2m付近には通信ケーブルのほか、ガス、水

エースモールの新しい「センシング技術」

道、電気など、多くのライフラインが縦横に走っています。工事を行うに当たっては、設備記録図でチェックしますが、資料のメンテナンス漏れなどで、必ずしもそこに最新情報が記載されているとは限りません。そこで、地下埋設物探知装置の「エスパー」が、1988年(昭和63年)に登場しました。地表から地下に電磁波を送り、その反射状態によって金属管やビニール管などの埋設物を探知し、地表からの位置を画面に表示します。エスパーは熟練者でなくても簡単に扱える装置です。現在のところ、地下深度2m程度の探知が限界ですが、3～5mも可能にする改良を進めています。

エスパー

また、地中を掘り進む推進ロボットの位置検知作業の効率化と、安全性の向上のために、新しい位置検知システムを開発中です。このシステムは、"光ファイバジャイロ"で推進ロボットの向きを、距離計でその推進距離を測り、それらのデータからパソコンで位置を割り出すものです。このシステムを用いると、従来のように作業者が掘削地点の移動に合わせて追いかけていく必要がなくなるため、作業が効率化するうえ、道路上での検知作業がなくなるので安全性が著しく向上します。

光ファイバジャイロの計測原理は次のようになっています。光ファイバジャイロのコイル部分に巻きつけられている光ファイバの両端から進入した光はそれぞれ反対側の端部に達し、これらが互いに干渉し合います。ジャイロが静止している時、右回りの光と左回りの光はコイルのなかを同じ時間で通過します。ところが、ジャイロがたとえば右に回転すると、右回りの光は左回りの光よりコイルを通過する時間が長くなる、というザグナック効果が現れ、干渉じまが移動します。この時間差をパソコンで計算し、向きを割りだします。

そのほか、エースモール工事の信頼性の向上を目指し、先端部分に電磁誘導方式のセンサを取り付け、金属埋設物を探知する技術も開発中です。

こうした新しいセンシング(感知)技術のほかにも、さまざまな開発を進め、エースモールは、さらに速く、経済的で信頼性の高い光ファイバケーブルの地中化を推進していきます。

ビルの頭脳と体力アップ

情報装備化の基盤を築き、固める技術

インテリジェントビル
NTT品川TWINS

新たなオフィスビル環境の提案

1986年(昭和61年)10月に、東京・品川駅前に双子の巨大インテリジェントビル、「NTT品川TWINS」が誕生しました。新しい時代に向けた、NTTのトータルなオフィス環境の提案でした。

当時、高度情報社会の進展するなかで、多くのオフィスビルは、OA化・通信システムの導入に十分対応できなくなってきていました。一方で、オフィスの知的生産性向上の機運の高まりや、省エネなど環境問題への世論の高まりを背景に、ビルのインテリジェント化は大きな課題となっていました。

NTTが提案した基本コンセプトは、オフィスの情報装備化、OA(Office Automation)のネットワーク化、BA(Building Automation)化など、OA・通信の有機的な結合により、人が快適、創造的に働く空間を目指すことでした。

BAでは、インテリジェント空調システム、照明設備最適制御システム、太陽熱利用システムなどの多くの最新技術を採用し、省エネ環境を実現しました。

通信システムでは、新しい大容量のPBX(Private Branch eXchange)の導入による新サービスの提供や、端末機器への柔軟な対応、OA化の提供による業務の分散処理を可能とするLAN環境の構築、さらに、テレビ会議システムや全国規模の映像同報通信システムの導入など、情報化と社会的課題にこたえる最先端の技術を生かしたインテリジェントビルを提案しました。

マルチメディアをサポートするインテリジェントビル

この10年のコンピュータ技術と通信技術の飛躍的な革新と融合は、情報通信に大きな変革をもたらし、それはまた、オフィスビルの環境の在り方にも、大きな変革を迫っています。

特に、将来のマルチメディアへの期待と関心が高まるなか、これに適する環境の創造と建物の高機能化などが大きな課題となっています。

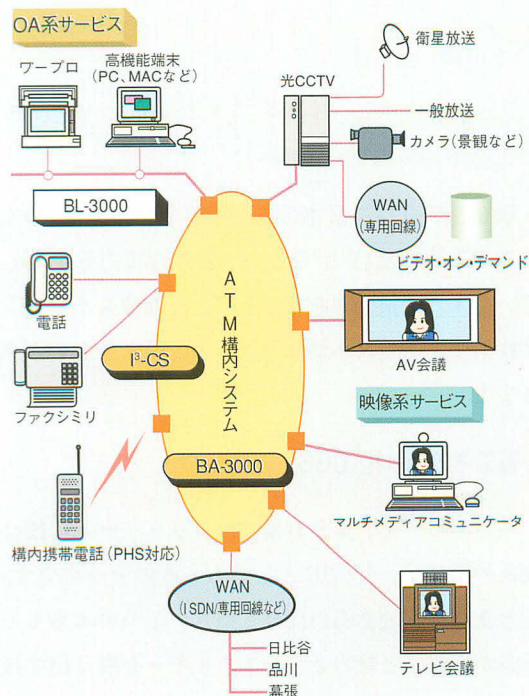
このような社会情勢を背景にNTTは、1995年(平成7年)9月、“マルチメディアをサポートするオフィス環境の実現”を基本コンセプトとした新しいインテリジェントビル、「NTT新宿本社ビル」を完成させました。

“1人1台の端末”を基本に、NTTの最新技術、主力商品を導入し、マルチメディア時代のあらゆる要請にこたえられる機能と快適さを追求し、セキュリティにも十分配慮したオフィス環境を実現しています。LAN設備については、幹線系に音声、データ、映像情報を効率的に扱うことができ、高速通信が可能な156Mbit/s回線を用い、支線系に将来100Mbit/s化にも対応可能なイーサネット(Ethernet〈10Base-T〉)を採用しています。

配線には、レイアウト変更に柔軟に対応できる配線システム(I^3-CS)を採用し、マルチメディア機能としては、映像情報の圧縮技術(MPEG 2)を利用したVOD(Video On Demand)や高品質・多チャネル映像配信が可能な光CCTV(Closed Circuit TeleVision)システムの採用、卓上でのテレビ会議や、VODなどの映像情報の検索・視聴を可能とするマルチメディアコミュニケータなどを装備しています。

統合OAシステムはクライアント/サーバ型のシステムで、利用端末はWindows搭載端末およびMacintosh端末を標準としています。ここでは電子メールやスケジュール管理などのグループウェア機能など多彩な機能を採用しています。

BAでは、新たに開発した「大容量幹線方式によるブレーカ付きコンセント盤」を導入し、電源供給に柔軟に対応できるようにしたり、ICカード使用のセキュリティゲート、照明や空調制御、テレビなどのマ

■NTT新宿ビルのネットワークシステム

ルチリモコンの採用などで利便性、安全性を高めてあります。また、ビル運営、維持管理業務の高度化、効率化を図ることを目的に、総合ビル運営管理システムを導入し、情報通信を有効に生かしたビル管理を実施しています。

NTTでは、この新しい新宿本社ビルをマルチメディア関連のNTT商品の生きたショーケースとして公開しています。

高度情報社会のライフラインを守る耐震技術

マルチメディア通信を支えるNTTの通信設備は、高度情報社会のライフラインの拠点であり、それらを収容するビルの建築構造には高い信頼性が求められています。NTTは、これまでの多くの災害を教訓として、耐震技術の開発、ノウハウの蓄積を図ってきました。

1995年(平成7年)1月に発生した阪神・淡路大震災では、被災地域の8万9,000棟以上の建物が損壊したといわれますが、NTTの交換機を収容したビル49棟のうち、外壁など損傷があったのはわずか2棟でした。

耐震技術の基本は、地震の大きさや特性を把握し、予測することです。全国の主要施設に地震計を設置し、特に関東・東海地域には、集中地震観測網を設けています。また研究所では、あらゆる方向(前後・左右・上下、およびそれぞれを軸とした回転)からの力をシミュレーションできる“3次元振動台による耐震試験”などにより、地震時にかかる力、柱や梁

3次元振動台による耐震実験

に生じる力のデータを収集・解析し、建築や交換機の設置などに生かしています。これらの耐震評価技術は、世界最先端の水準にあるといわれています。

今回の大震災では交換機の倒壊はありませんでしたが、ビル内の配管などに破損した箇所もありました。通信施設には、商用電源の停電に備えた予備電源用発電機や蓄電池を設置しています。そのエンジン始動用の冷却水配管や燃料配管が破損して発電ができなかったり、蓄電池が倒れて電源が供給できなかったため交換機がストップし、移動電源車による救済が行われる翌日午前中まで、28万5,000回線が通話不能に陥りました。今回の震災を教訓に、予備電源設備の強化はもちろんのこと、“より災害に強い通信ネットワークの実現”を目指し、総合的な対策を順次実施しています。

新しい耐震技術を導入、より高い信頼性を確保

NTT新宿本社ビルには、建物の揺れを抑える最新の制振技術として、地震エネルギーを吸収する制振壁を骨組みに取り付けています。

また、無線鉄塔には、新しい地震対策として独自の制振装置(TMD:Tuned Mass Damper)が東海大地震警戒地域を中心に設置され始めています。これは、ゴムの4本の柱の上におもりを乗せた3トンほどの装置で、鉄塔の上部に取り付けます。風や地震で建物が揺れようとすると、建物より先にこれが振動し、その反力が建物にかかる力と逆方向に作用して建物の揺れを抑える仕組みです。大地震でも揺れを20%以上弱める能力があります。

さらに、コンピュータ用3次元免震床の導入を始めています。フロアの一部分(畳1枚程度)をバネで支える方式で、そこにコンピュータを乗せ、地震が起きても装置の機能障害や重要なデータファイルの抹消を防ぎます。

このように、NTTではあらゆる面から耐震技術を駆使し、絶えずライフラインの信頼性を高める努力を続けています。

ネットワークの信頼性向上と資源の有効活用

自前で、クリーンな電気と熱源を供給

ネットワークの信頼性を高める技術「分散給電システム」

ネットワークの信頼性を支えている技術の一つに、途切れることなく通信設備に電力を安定供給するための「分散給電システム」があります。

全国各地の通信ビル内に設置された通信設備には、通常は商用電源から給電していますが、停電時にはビル内に設置している蓄電池、または発電装置に切り替えて給電します。

かつては大容量の整流器で一括してビル内すべての通信設備に給電していました。しかし、ネットワークが高度化し、同時に、機器類の多くが電子化され、動作速度も速くなり、機能も複雑化したことにより、小さなノイズ、つまりちょっとした電圧の変化も許されなくなってきました。そこで1987年（昭和62年）に、個々の通信装置ごとに整流器を設け、万が一、ノイズなどでトラブルが起こっても、影響を最小限にとどめることができる分散給電システムの導入を開始しました。

分散給電は、整流器の小型・軽量化によって実現されました。高速・高耐圧のトランジスタ素子の開発によって、整流器の高周波スイッチング技術が進歩し、従来の4分の1に小型・軽量化できたからです。

高周波スイッチング技術とは、50/60Hzの商用電源をいったん数十〜数百kHzの高周波にしてから通信用の直流48Vに変換する技術です。変換効率も従来の87%から93%へとアップし、世界でもトップクラスを誇っています。

現在、NTTは、日本の電力需要全体の200分の1に当たる約35億kWh/年という膨大な電力を使用しています。変換効率を6%上げた高周波スイッチング技術による省エネ効果はきわめて大きなものがあります。

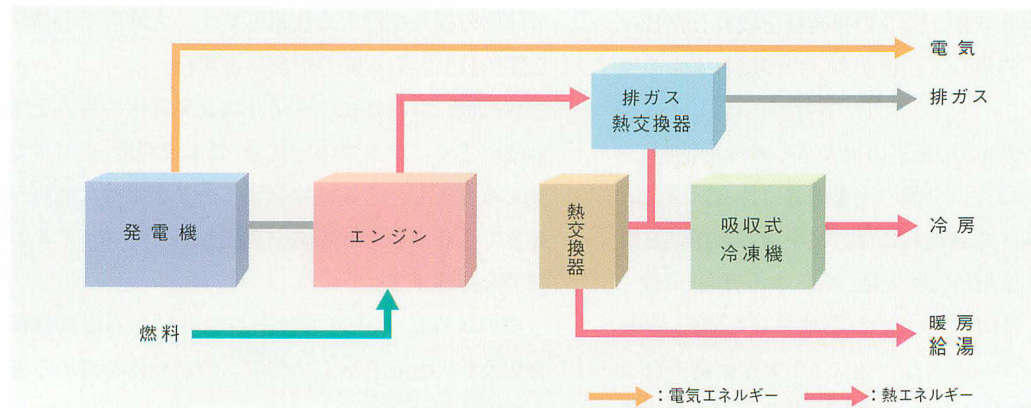
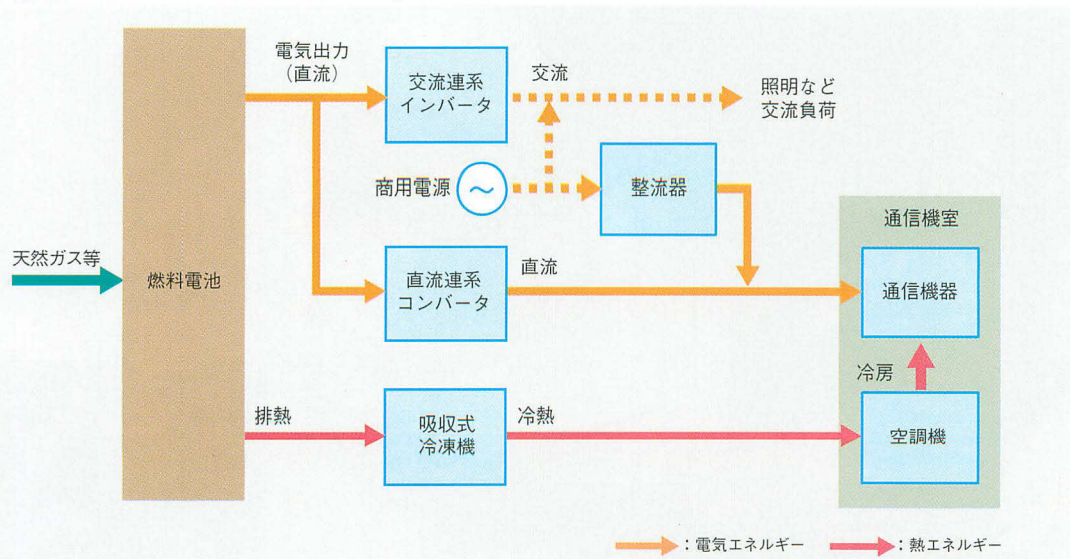
省エネの切り札「CGS」

エネルギーを、より有効に、よりクリーンに使う技術の開発は、NTTにとっても不変のテーマです。たとえば、石油あるいはガスなど、1つのエネルギー源から電気と熱の2つのエネルギーを取り出す技術を使った「コージェネレーションシステム（CGS: CoGeneration System）」があります。これは、熱併給発電システムとも呼ばれています。

1989年（平成元年）2月に、ディーゼルエンジンを使用したCGSを岡山ネットワークセンタに初めて導入し、運転開始しました。また、1990年（平成2年）10月には、大阪ネットワークセンタ（現関西ネットワークセンタ）で、ガスエンジンを使用したCGSを運転開始しました。以後、順次拡大され、1994年（平成6年）度末現在、全国7ヵ所で稼働し、エネルギーの有効利用に威力を発揮しています。

商用電源は、発電所から送電線で供給されるため送電ロスが発生しますが、CGSは1次エネルギーをそのまま有効利用できるので、大きな省エネ効果が得られます。

発電された電気は通信設備などの電源として、また排熱は給湯設備や、温水吸収式冷凍機を用いた機械室などの冷房にと、電気、熱の有効利用を図って

■CGSの概念図

■燃料電池トータルエネルギーシステムの基本構成例

います。その効率は電気で約35%、熱で約35%、総合効率約70%と、まさに省エネの“切り札”といえます。

「燃料電池」がもたらすクリーンエネルギー

石炭などの化石燃料を使わず、タービンの大きな騒音も出さない、そんな環境に優しい燃料電池をCGSに組み込んだ「燃料電池トータルエネルギーシステム」の実用化を目指し、1993年（平成５年）２月から横浜支店と関西ネットワークセンタにおいて、フィールドテストを開始しました。

「燃料電池」とは、水素と酸素の化学反応を利用した発電装置です。燃料から水素を取り出し、空気中の酸素で酸化させた時に発生する電気エネルギーを取り出します。つまり、水の電気分解の逆を行います。この方法では、石油火力発電と比べて燃料が70%ですみ、地球温暖化の原因とされるCO_2の排出量も40%減ります。また、燃料として天然ガスやプロパンガスを使うので、人体に有害な窒素酸化物（NOx）や硫黄酸化物（SOx）の発生もほとんどありません。

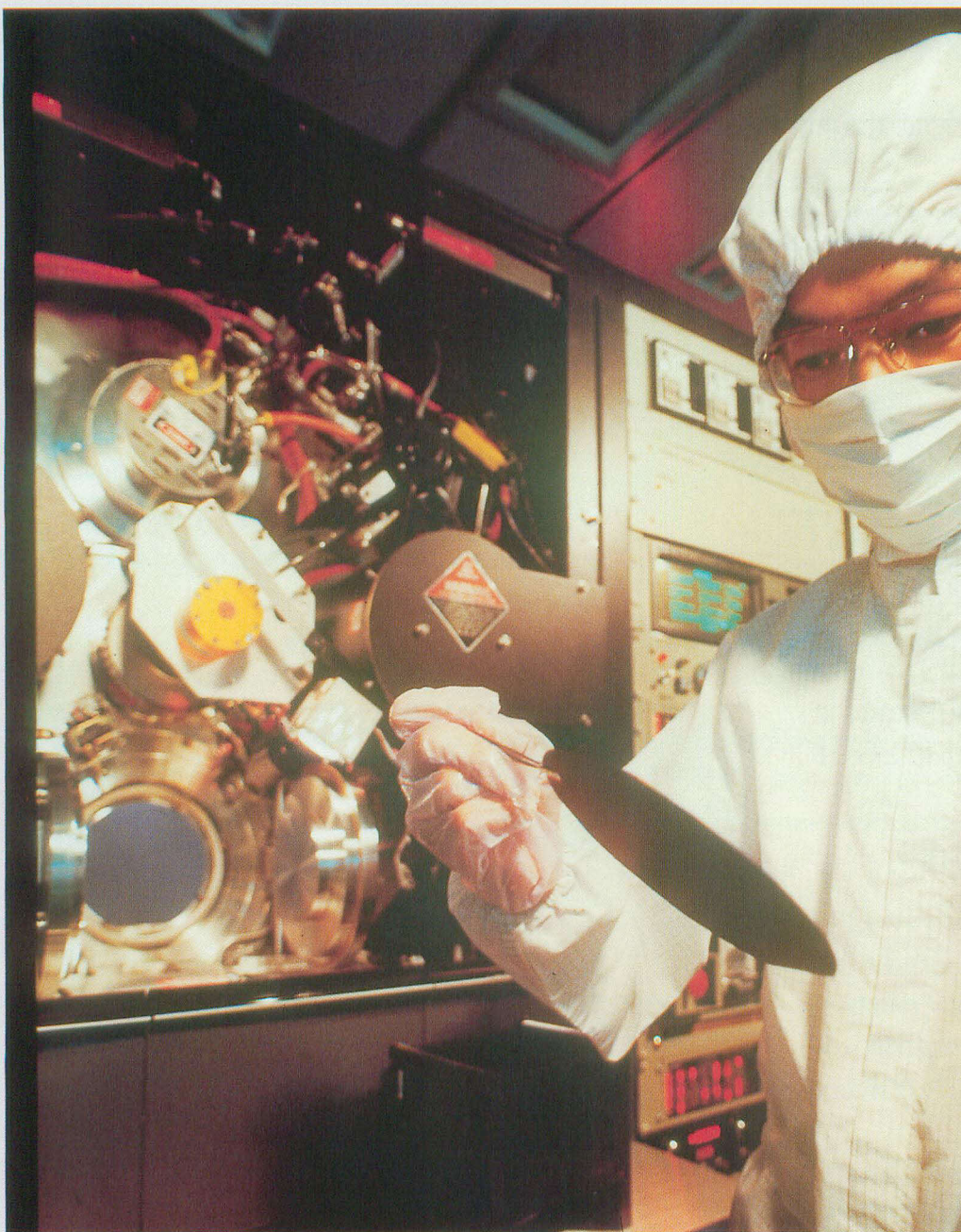
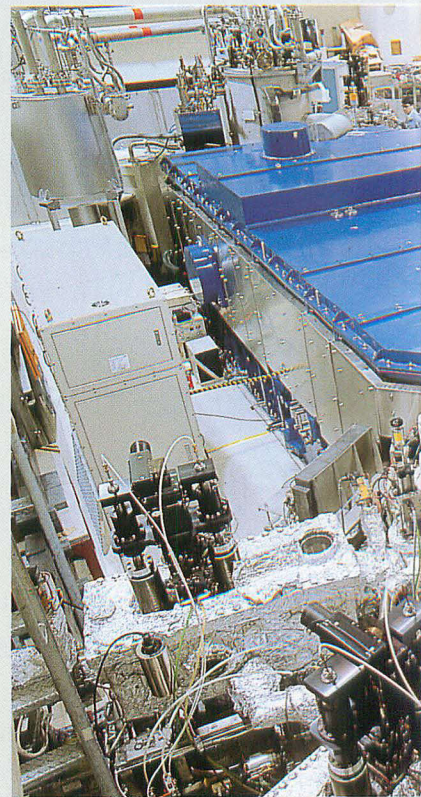
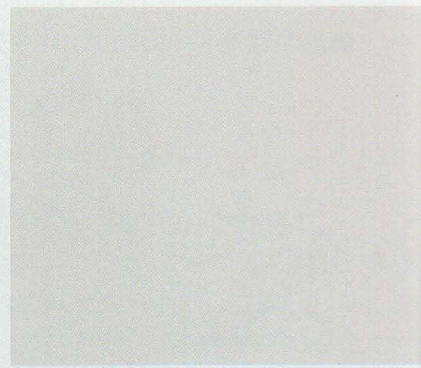
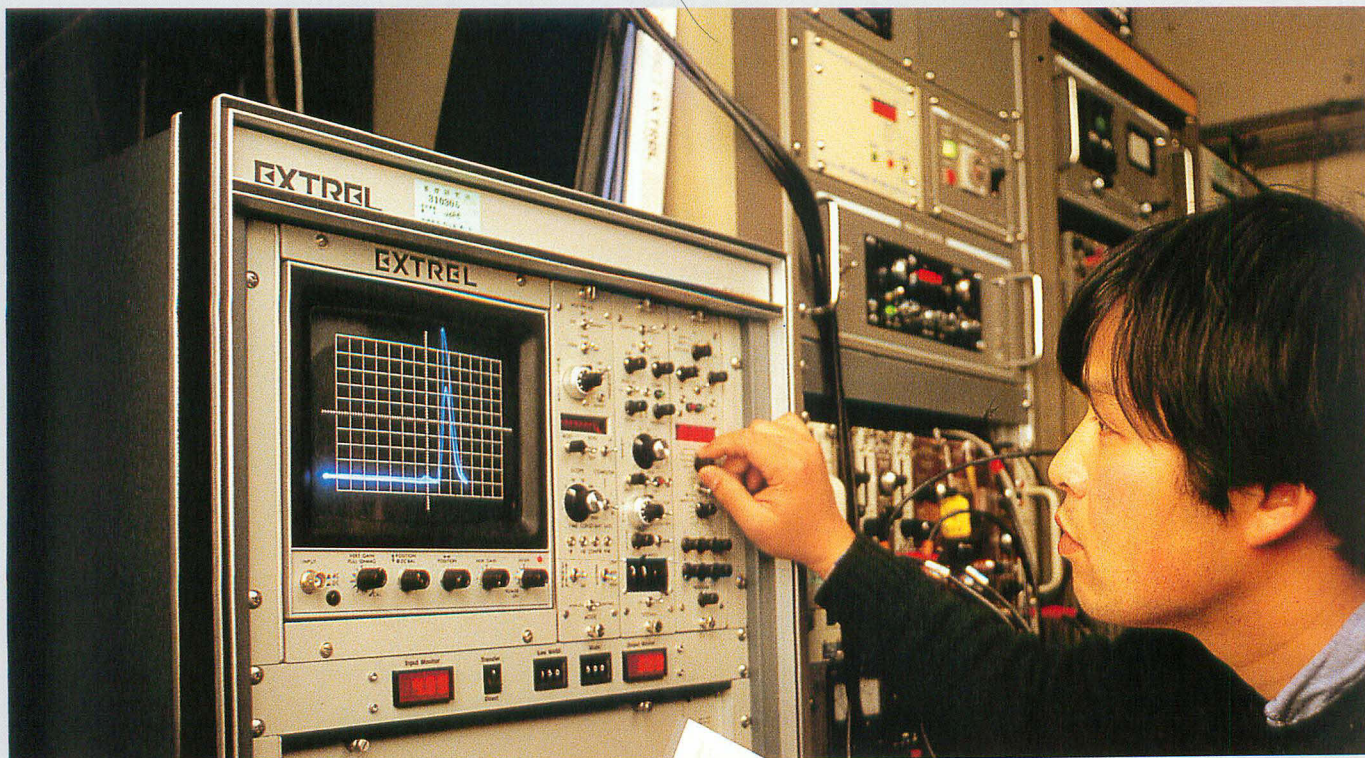
燃料電池は、定格出力で運転しているときに最も高いエネルギー変換効率を示すので、一定負荷による運転が有利です。このフィールドテストでは、燃料電池の出力と商用電源を入力とする整流器出力を併用して、直流で通信機器に供給する、世界初の試みが行われています。

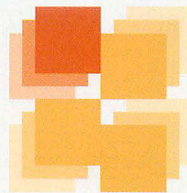
また、安定して電気を送るため、燃料電池と商用電源の並列供給による給電システムの有効性も確認しています。今後、災害時に都市ガスの供給が途絶えた場合を想定し、予備燃料のプロパンガスにスムーズに切り替える技術の確立に向けて、さらに研究を進めていきます。

横浜支店に設置された燃料電池

1995年（平成７年）10月には、携帯型の燃料電池の開発にも成功しました。低騒音、クリーンで、容易に運搬でき、通信装置のバックアップや災害時に威力を発揮するものとして期待されています。

NTTは、今後とも地球環境保護の観点から、その有効性が世界的にも注目されている燃料電池を活用し、環境に優しく、より信頼性の高い電力供給システムの確立を目指します。

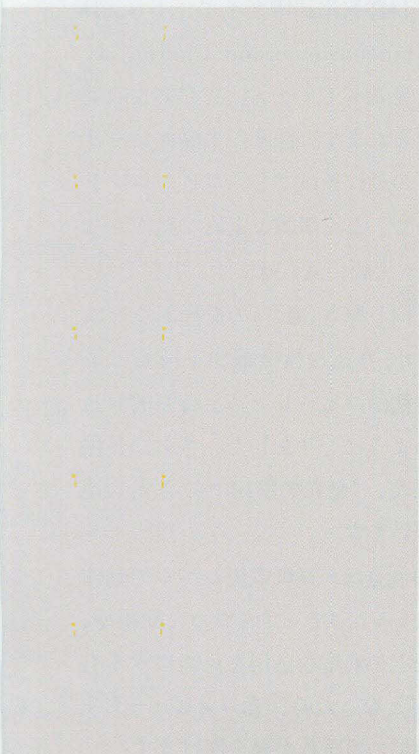
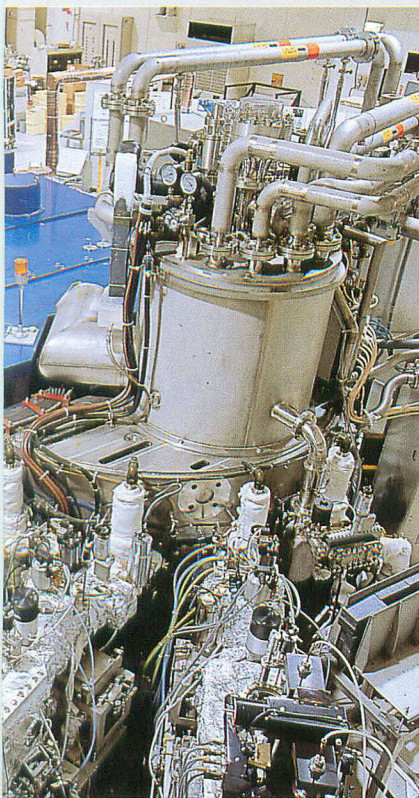
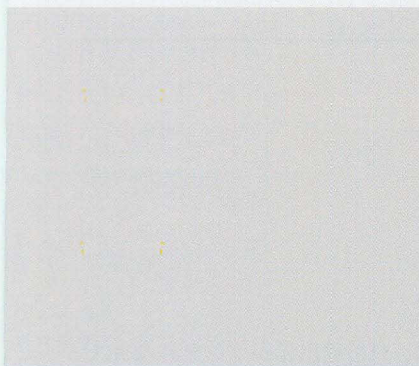
燃料タンクの水素ボンベと一緒に容易に運搬できる携帯型燃料電池

NTTの基礎研究の基本目標は、国際的に通用する研究者の育成

超電導小型SOR装置スーパーアリスと
露光用ビームライン

研究を支える基礎データの積み上げ

フロンティア化

未知の分野へ果敢にチャレンジ

NTTの基礎研究は、通信の分野をはるかに超えた研究領域をもち、しかも、全研究テーマが通信を軸に有機的に連携しています。

基礎研究の強化を指向したこの10年間は、3本柱である情報通信、材料物性、物質科学の整備・拡大を行いつつ、世界的に通用する新知見・新概念の創出を長期的・総合的視野で推進してきました。

多方面にわたる大規模な設備投資と並行して、1986年(昭和61年)度以降、実績のある優れた外国人教授の招聘、留学生の積極的受け入れ、ポストドクトラル制度、個人の発想を重んじたフレキシブルな研究環境の整備など、基礎研究のカルチャー醸成という面からも多くの努力を払ってきました。

バイオエレクトロニクス、分子エレクトロニクス、結晶・セラミック材料、金属複合材料の各分野における新物質の創造や、情報科学を含む各種ソフトウェアやヒューマンインタフェースの研究など、幅広い領域で数多くの研究テーマが、情報通信に変革をもたらすものと、世界的にも注目を集めています。この事実は、「国際的に通用する研究者の育成」という基本目標が着実に達成されてきたことを物語っています。

第3の半導体光源

量子力学の目で“真空場ゆらぎ”を制御、次世代光通信へ大きくステップ

自然放出光が、レーザ光になる

光とは、一般に、原子や分子が外からの電流や光、衝突などのポンピングによって高いエネルギー状態(励起状態)に移され、これらが元の安定な基底状態に戻る時に放つものです。

太陽光や蛍光灯の光など、いわゆる自然放出光は、さまざまな波長の光を含み、四方八方へランダムに放射されます。これに対し、レーザ光は誘導放出によって、波長と方向がきれいにそろった理想的な光です。“種”となる自然放出光が、共振器内を行き来しながら、他の励起された原子に次々にぶつかって誘導放出で増幅されて、エネルギーが次第に高まり、ついに発振を起こし、レーザ光が放出されるわけです。

ただ、エネルギー効率の低さがレーザ光の大きな難点です。光源として通常使われるレーザダイオードでは、真に誘導放出の種となる自然放出光は全体の10万分の1 (10^{-5}) にすぎません。“いっそのこと、発想をガラリと変えてみたらどうだろう？ 自然放出光そのものに、レーザ光のような空間的コヒーレンス(鋭い指向性)と時間的コヒーレンス(狭いスペクトル線幅)をもたせることができないものだろうか？”これがNTTの発想でした。

量子力学によれば、自然放出光がランダムな光であるのは、“真空場ゆらぎ”と呼ばれる量子力学的零点振動が、励起状態にある原子にあらゆる方向から作用するためです。だとするならば、自然放出光とは、“真空場ゆらぎ”による誘導放出光にほかなりません。これまで“真空場ゆらぎ”は、さまざまな量子効果を引き起こす源であり、変えることのできない自然法則とされてきました。しかしNTTは、この量子力学的零点振動を半導体材料のなかで制御することにより、ランダムな自然放出光をそっくりそのままコヒーレントなレーザ光に変えてしまおうとしました。

*1 コヒーレント光：Coherent Light。通常の光(太陽光・照明光など)は、何種類もの波長の光が混在しているが、波長と波長の時間的変化がそろっている状態をコヒーレンスがよい(波長同士が干渉しやすい)という。レーザ光は代表的なコヒーレント光と呼ばれる。

■光共振器の断面模式図

■自然放出制御ダイオードの入出力特性

射程内に入った“発光効率100%レーザ”

レーザダイオードよりも優れた性質をもつ新しい発光デバイス。その可能性を早くから提唱し、研究と実験を続けてきた結果、1988年(昭和63年)に、光の波長オーダの大きさ(小ささ)の1次元共振器を開発。これで“真空場ゆらぎ”に指向性と波長選択性をもたせ、半導体中の自然放出光を増強、抑圧することに成功しました。

NTTの開発した「自然放出制御ダイオード(CSD：Controlled Spontaneous-emission Diode)」は、レーザダイオード、発光ダイオードに次ぐ第3の半導体光源と位置付けられます。従来の半導体レーザの発振しきい値以下の動作領域でも、コヒーレント光(*1)を発生するので、ごく微弱な電流で動作させることができ、発熱も大幅に減らせます。現在では、取り出したい波長と同じ厚さ(薄さ)の発光層を3次元共振器のなかにつくり込む極微細加工技術により、目的に応じた空間的コヒーレンスと時間的コヒーレンスが得られるようになりました。さらに共振器の性能向上によって、“発光効率100%”さえも達成可能と予測されています。

CSDのかずかずの利点は、極低電流レベルで動作させなくてはならないVLSIチップ内部の光配線や、2次元光情報処理などの高度な応用を可能にするものです。それが現実となった時、光コンピュータや光交換機による光通信の新時代が幕を開けます。

ホログラフィ動画を実現する新記録方式

わずか1cm³の結晶に1,000万枚の画像を刻む、映像の超高速記録、ホールバーニング

超高速ホログラフィ動画への助走

レーザ光の干渉を利用して3次元立体画像の記録・再生を行うホログラフィ技術は、現在はほとんどが静止画しか扱えないレベルにとどまっています。

アニメーションのように滑らかに動くホログラフィ動画が実用化されたら、それは今後のマルチメディアの展開にどれほど大きなインパクトとなることか、計り知れません。

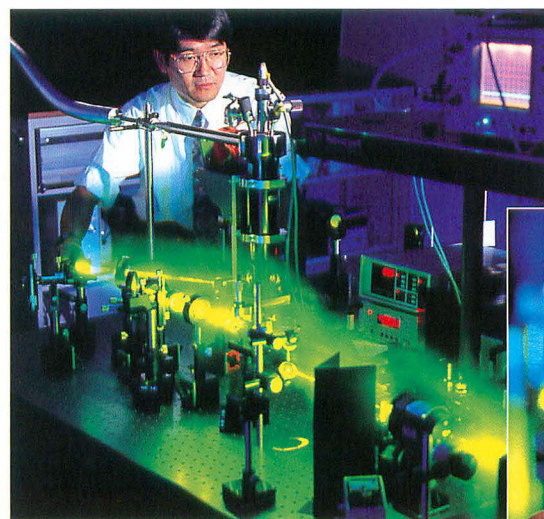
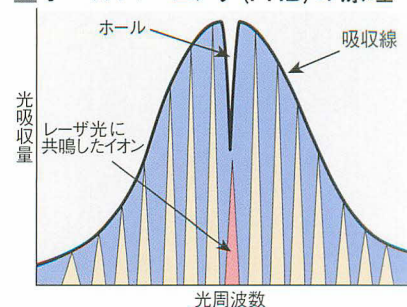
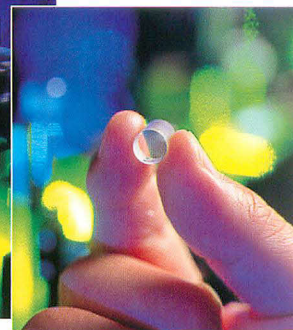
しかし、ホログラフィ動画を扱うとなると、静止画とは比べものにならない膨大な記録容量、および超高速の記録再生技術が不可欠です。

現在、光記録方式による高密度・大容量化が急ピッチで進んでいますが、同時に、レーザ光で1bitずつ情報を記録する方式自体の限界がみえ始めてきたのも事実です。従来からのビット方式に代わり、ホログラフィ動画を実現する新しい記録方式として期待されているものに、ホールバーニング(PHB：Persistent spectral Hole Burning)があります。

ホールバーニングとは、レーザ光の照射によって、材料の光吸収特性に変化(ホール＝くぼみ)を与える現象です。具体的には、照射したレーザ光の周波数においてのみ、材料の光吸収量が少なくなります。ホールのできる位置は、周波数領域に多数分布しているため、記録媒体を動かすことなく、レーザ光の周波数を変化させるだけで大量の映像の超高速記録が可能になります(周波数多重記録)。

NTTが1994年(平成6年)に発見した「ユーロピウム添加イットリウムシリケイト」は、従来のホールバーニング材料である染料添加の有機材料と異なり、高い光吸収感度をもつ結晶材料です。

イットリウムシリケイト(YSO)の結晶中に混在している膨大な数のユーロピウム(Eu)イオンは、その1個1個が少しずつ違う共鳴周波数をもっています。各ユーロピウムイオン群の光吸収線幅はきわめて狭く、書き込みレーザ光の周波数を1kHz変えるともう反応しません。結晶全体としては、1kHz当たり1枚の画像を記録でき、トータルの光吸収線幅は数GHzにも及びます。信じがたいことですが、わずか1cm³の結晶に約1,000万枚の画像を記録することが可能です。テレビ画像(1秒間に30枚)に換算すると、実に100時間分。また、レーザ光の周波数を速く変化させることで、原理的には10億分の1秒に1枚、という超高速記録も可能です。

■ホールバーニング(PHB)の原理

精密制御色素レーザによる実験風景

ユーロピウムイオンを添加した結晶

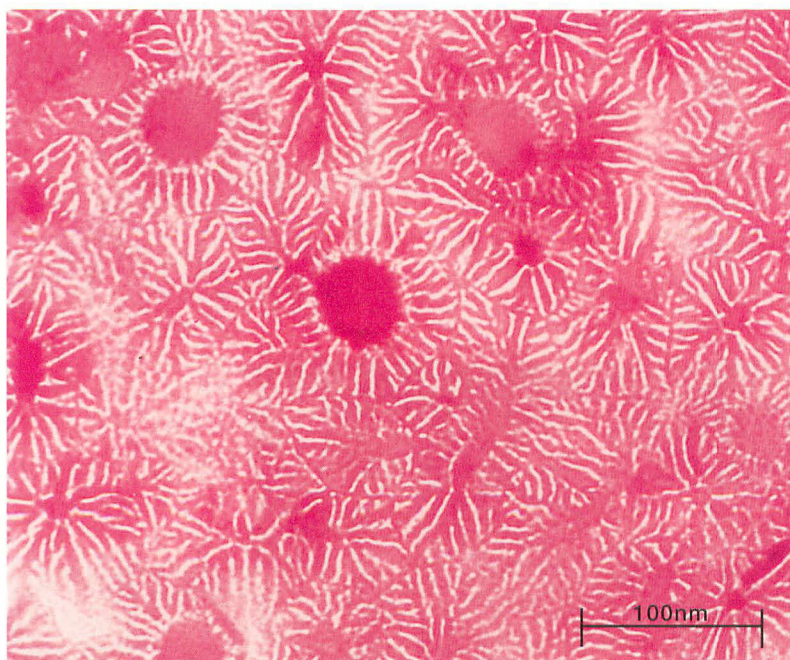
精密制御色素レーザの開発

この新結晶材料の特長を生かすために、周波数を連続的に調整できる「精密制御色素レーザ」も同時に開発しました(基本波長580ナノメートル〈nm：10億分の1メートル〉、周波数可変範囲500MHz以上)。

現在は、このレーザを光源に用いて新材料の特性を調べる実験を行っており、簡単な2次元の文字画像やシルエットを約20秒のホログラフィ動画として記録・再生することに成功しています。

ユーロピウムの性質を引き出すには絶対温度7度(約－266℃)の極低温を必要とするなど、本格的な実用化までには、まだいくつかの乗り越えるべきハードルがあります。しかし、10億分の1秒、つまり光が30cm進む間に1枚という極限的な超高速性のポテンシャルは計り知れません。将来、ホログラフィの手法を最大限に生かした立体映画が当たり前の日常風景となる、そう確信させてくれるだけの可能性を秘めています。

究極の磁気記録メディアへの挑戦

結晶粒中に8ナノメートル間隔で広がる超微細な菊花模様を発見、新聞の朝刊約10年分が1枚のハードディスクに

Co-Cr(コバルト-クロム)合金薄膜の電子顕微鏡写真

Co-Cr薄膜の結晶粒中に、さらに微細な磁気構造

情報社会の基盤を支える磁気記録。その高密度・大容量化への挑戦はとどまるところを知りません。コンピュータのハードディスクにCo-Cr(コバルト-クロム)合金の磁性薄膜が使われるようになって以来、この10年間で記録密度は10倍以上となり、現在は30Mbit/㎠(日本語の文字なら1㎠当たり約190万字)を超えるレベルにあります。

記録ビットの最小サイズは、最終的には、薄膜内の微小磁石の寸法によって決まります。Co-Cr合金の場合、磁性薄膜内の磁性体の結晶粒は直径50〜100ナノメートル(nm)と小さく、いままではこれが最小の磁石の単位と考えられてきました。しかし、Co-Cr合金薄膜のなかでは、この考え方では説明できない多くの不思議な現象が起こっていました。

NTTは、Co-Cr合金の薄膜を化学エッチングして電子顕微鏡で観察すると、上図に示すように薄膜の結晶粒のなかに微細な菊の花びらのような美しい模様が見られることを発見しました。そして、これはCo-Cr薄膜に特有の"組成分離"現象ではないか、それによりCoとCrの"濃度ムラ"が生じているのではないか、この菊花模様の白い花びらの部分には結晶粒よりもさらに微細な磁石が存在するのではないか、と推定しました。

物質中の原子の状態を調べることができる核磁気共鳴法と、アトムプローブ電解イオン顕微鏡(東北大学と協力)を用いて突き止めたのは、この花びらがCo濃度の高い(コバルトリッチ)部分であるという事実でした。Co-Cr合金の結晶粒のなかで組成分離が起こると、小さな磁石が花びら状に規則性をもって形成されるこの現象は、"薄膜の結晶粒のなかでは2つの金属が均一に混ざり合っている"という従来の常識を覆すものでした。

光ディスクを超える、超高密度記録へ

この菊花模様に広がる超微小磁石をさらに精確に測定するために、巨大な「中性子小角散乱装置」を保有する日本原子力研究所(茨城・東海村)との共同研究を1994年(平成6年)に行いました。具体的には、磁性の強いコバルトリッチ部分を突き抜けてくる中性子の軌道変化から、その超微小磁石のサイズを特定しようとしました。その結果、Co-Cr合金薄膜の数十nmの結晶粒1個1個のなかに、電子顕微鏡で観察された花びら模様のストライプの間隔と一致する、平均8nmの超微細な磁気構造が確かに存在することを確認しました。

今回の発見は、磁気記録密度の材料面での限界を飛躍的に引き上げ、10Gbit/㎠レベルの超高密度記録を期待させるものです。これで2.5インチハードディスクをつくると、新聞の朝刊約10年分が1枚に収まってしまう計算になります(現在の光記録媒体の10〜100倍)。実用化には数年から10年程度かかると予想されていますが、現代の技術開発のスピードからすると、その時期はもっと早まるかもしれません。

NTTは今後、薄膜特有の組成分離の原因究明と、高密度記録媒体の実現を目指して、微細構造および磁気特性の制御技術の研究を進めていくことにしています。もしも1粒(1本)の超微細磁気構造に1bitの情報を記録できるということになれば、理論的には1T(テラ)bit/㎠(1兆bit/㎠)、つまり2.5インチハードディスク1枚に、"新聞の朝刊約1,000年分"。そんな超々高密度記録が実現するかもしれません。

最先端半導体の仲間入りをする精密合成高分子

超高速光スイッチ素子の理想的モデル物質の合成に成功、
ラセン構造の神秘から生まれた、最先端のハイテク物質

高分子「ポリシラン」の1次元電子構造に着目

次世代LSIの超高速スイッチング素子として、超格子素子が研究されています。GaAs（ガリウムひ素）やAlAs（アルミニウムひ素）といった種類の違う半導体を交互に積み重ねてつくるもので、現在はHEMT（高電子移動度トランジスタ）が有名です。

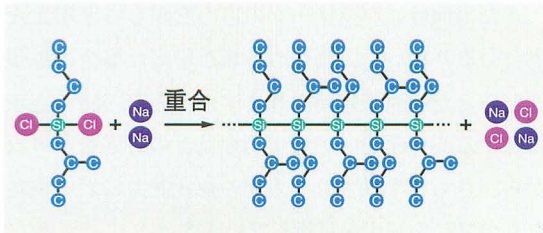
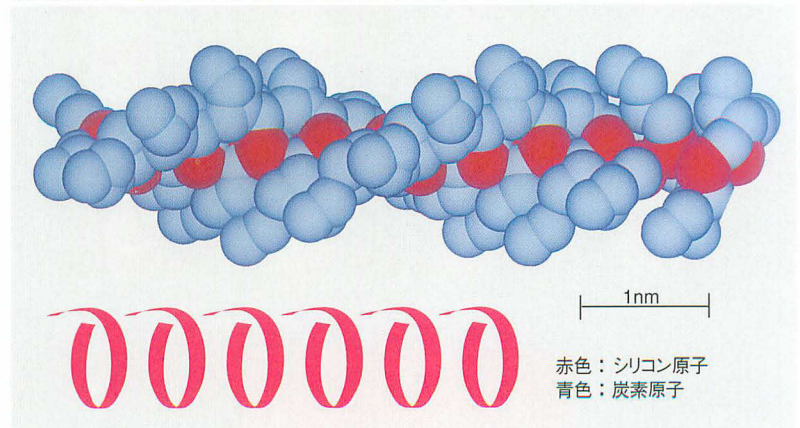
しかし、将来の光コンピュータの基本部品である光スイッチ素子となると、3次元的な超格子素子を直線状に細く長くした、いわば1次元半導体が必要となります。「量子細線」とも呼ばれるこの1次元半導体は、線幅が細いほどスイッチング特性が向上するのですが、現在の最先端の結晶成長技術や微細加工技術をもってしても、得られる線幅は10ナノメートル（nm）程度が限界です。

そこでNTTでは、高分子でありながら発光や光伝導などの半導体的性質を示すポリシランに、かねてから着目してきました。Si-Si（シリコン-シリコン）連鎖の主鎖と有機側鎖基からなるその鎖状構造は、まさしく1次元半導体構造に相当すると考えたからです。

そして、1994年（平成6年）の春に至って、Siの線幅が0.5nm、長さは1,000nm（Si連鎖数十万）にも達する「単一ラセンポリシラン」が、あたかも新しい命の誕生をみるように、研究室のフラスコのなかから生まれました。それも、特別な触媒や溶媒、極低温などを一切用いず、重合というごく一般的な合成法によってです。

同じ物質でも、ラセンの向きで性質は一変

単一ラセンポリシランの最大の特徴は、右・左どちらか1つの巻性と均一なピッチをもつ規則的ラセン構造にあり、超高速光スイッチ素子にふさわしい光スペクトル特性を有していることです。しかも、

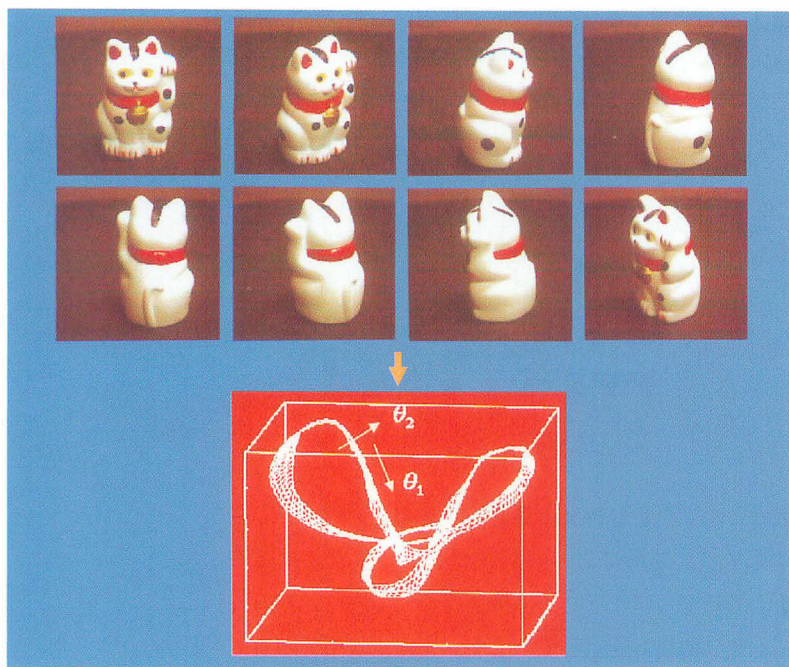
■単一ラセンポリシランの合成方法

■右巻きでまっすぐな単一ラセンポリシランのモデル図

炭素と水素を含む特殊な有機側鎖基が、そのままでは原子の熱運動によって崩れてしまうラセン構造を、外側からブロックする構造になっており、熱的にも化学的にも安定しています。また、ラセンの巻性を右・左どちらにも制御できる技術や、超微細なラセン構造の形状を確認する技術（分光解析法）も併せて開発されました。

今回の成果は、新しい半導体の実用化に道を開くだけではありません。自然界で最も精緻な高分子であるタンパク質やDNAは、巻性やピッチの異なる種々のラセン構造をもつことが広く知られています。

一方、医薬・農薬・食品の分野では、同じ名前で呼ばれていても、効用や副作用、毒性、味覚の異なる“鏡像異性体”という、ちょうど右手と左手の関係にある物質が多数知られています。たとえば、サリドマイド薬害事件（1963年〈昭和38年〉）では、右手型サリドマイド（医薬として有効）と左手型サリドマイド（強い催奇性あり）が、化学的に分離されずに使用されました。単一ラセンポリシランの技術は、こうした分野では、右手系分子と左手系分子を識別・分離する分子認識機能や、右手系と左手系を選択的に合成する触媒機能などを提供していくことが可能です。

それにしても、Si原料それ自体にラセン情報がプリインストールされてでもいるかのように、理想的なラセン構造が自然に（ドミノ倒し的に）生成してくる不思議さ。フラスコのなかに生成したポリシランは、ラセンにまつわる生命世界の神秘へ、そして生命の起源へと、誘っているかのようです。

2次元モデルを巧みに使った物体認識法

産業用ロボットの視覚に、マルチメディア環境での画像の認識検索に、
画期的な高効率と正確さを提供する、「パラメトリック固有空間法」

パラメトリック固有空間法による３次元物体認識

登場間近の、汎用的な3次元物体の認識法

３次元物体の認識技術は、工業部品の分類などに用いられる産業用ロボットの重要な要素技術です。

この技術は、センサを通じて入力した画像から特徴を抽出し、あらかじめ学習により蓄えられた物体のモデル情報と比較照合する技術であり、一見簡単そうですが、３次元の物体は、見る方向や光源の位置によって見かけの画像が複雑に変化するため、産業の現場で汎用的に利用できるような完成された手法はいまだに登場していません。

ところが、いま、ブレークスルーとなりそうな研究が実りつつあります。それは、NTTの開発した「パラメトリック固有空間法」です（発表論文はIEEEの国際会議において1994年〈平成６年〉度の最優秀論文に選ばれています）。

パラメトリック固有空間法の利点は、あらかじめ記憶させておく情報が物体の２次元画像であり、このデータと入力画像データとの２次元照合によって３次元物体を認識できることです。複雑で困難な３次元特徴の抽出を必要とせず、３次元物体を２次元画像の集合体として記憶できるので、記憶容量や計算量の観点から非常に有利であり、実用性の高い物体認識法だといえます。

コンピュータが人間の視覚能力をもつ

３次元物体を１回転させただけで得られる、連続的に変化する多種多様な画像。これをいかに効率よく記憶・学習させるかが勝負です。パラメトリック固有空間法では、まず、多数の画像集合を、少数の“固有ベクトル”のパターンと、それらを線形結合するための少数の係数に置き換えてしまいます。

次に、画像の連続的な変化を、固有ベクトルを軸とする空間（固有空間）上の多様体（曲面）として表現します。１枚の画像は固有空間上の１つの点に対応し、その点の系列は固有空間上を滑らかに動くことになります。点と点の間はキュービックスプラインと呼ばれる関数などで補間します。光源の位置を変化させた場合についても同様の処理を行います。

このようにして、物体の向きと光源の位置の２つのパラメータで表現される多様体が、固有空間上に構成されます。

実際の認識段階では、背景画像から切り出した対象物体の固有ベクトルを、あらかじめ記憶させた固有空間上に投影します。投影された個々の点が多様体のどこに乗っているかを調べることが、すなわち、対象物体の認識ということになるわけです。投影された点がどの多様体にも近くない場合には、入力画像はあらかじめ記憶（学習）された物体ではないと判定されます。

パラメトリック固有空間法は、対象物体の学習を自動的に行い、対象物体の種類の識別と向きの検出を同時に行うことができるうえに、ノイズの多い実画像に対しても精度の高い認識が可能です。このシステムを生産ラインなどに導入すれば、ロボットは自分の必要な部品だけを的確・迅速に判断・選別することができます。コンピュータが人間の視覚能力を身につけることも、きっと可能となるでしょう。

まだ当面は、パラメータの自由度がもっと増えた場合の取り扱いや、物体の種類が増えた場合の拡張性といった検討課題がありますが、人間の物体認識に関する心理学的・生理学的知見との対応をとりながら、さらに洗練された人間の視覚能力に近い機能をもつ“眼”の実現を目指しています。

視覚の不思議に新たなメス

錯視現象への“非線形”なアプローチ、アインシュタインの相対性理論は、紙の上の図形にも及ぶ

紙の上の図形が「重力」をもっている!?

図形の大きさ、長さ、方向などが、なぜか実物とはずいぶん違って見えてしまう。「錯視」と呼ばれるこの現象は、100年ほど前から数多くの例が発見、報告されてきました。しかし、それらがなぜ、どのようにして起こるのかを統一的に説明する理論はありませんでした。

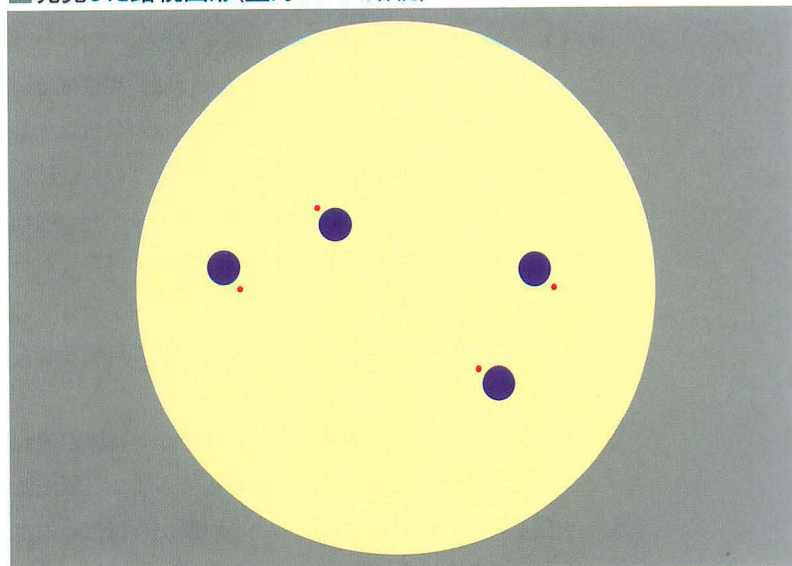
1994年(平成6年)、NTTでは、「重力レンズ錯視」と呼ぶべき新しい錯視図形を発見しました。これは、“小さな点がそのそばにある大きな図形に引き寄せられるように見える”という、非常に単純で、しかも非常に強い錯視現象です。

右上の図で見るとおり、平行四辺形を形成している4つの赤い小点は、すぐ近くの青い大きな円(誘導図形)に引き寄せられて、形が歪んで見えます。誘導図形は塗りつぶさない輪郭線だけのものでも、また1個存在するだけでも、この錯視は同じように起こります。図形の色や模様や明暗差にも無関係です。

この種の錯視を重力レンズ錯視と名付けた理由は、重力のモデルを使って理論付けられるからです。青い円を一定密度の質量分布と考え、その重力によって小点が引き寄せられる、と想定したところ、実に見事な方程式が導き出されたのです。

錯視を通じて開かれる豊かな視野

この重力レンズ錯視の非常に意味深いところは、ニュートン力学の古典的な線形理論ではなく、アインシュタインの一般相対性理論を中心とした物理数学(リーマン幾何学)の観点からモデル化を行った点です。

その理論的成果をひと言で表現すれば、“大きな図形の周囲の空間は縮む”ということです。リーマン幾何学において、質量分布による空間のひずみを表すアインシュタイン方程式を適用すると、2つの小点を通る直線の延長線は右下図のように曲がります(重力レンズ効果)。これがその空間を通る最短経路なのです。人間の視覚は離れた2点を同時刻に正確に見ることはできませんから、2点の位置関係を把握するにはどうしても視線をチラチラ往復させねばならず、視空間は図形に依存して歪みます。つまり、“人間の視空間も相対性理論に従っている”“紙の上の図形に対しても一般相対性理論と似たような現象が起きている”というのが重力レンズ理論の考えです。

■発見した錯視図形(重力レンズ錯視)

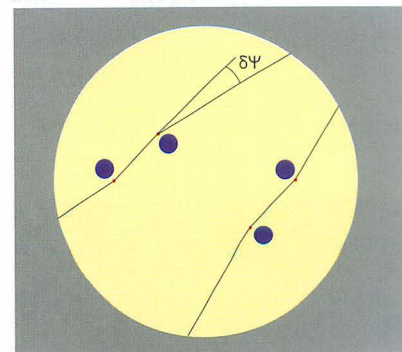
■リーマン幾何学によるモデル化

$\delta\psi = \frac{a}{D}$

D:青い円の中心と赤い小点の距離

a: 定数

重力レンズ錯視は、人間の目のどの視覚野・視覚系で、またどのような生理学的機構によって起こるのか。その検討と実験を進めるなかで、より複雑な視知覚現象をモデル化できる可能性もみえ始めています。

物理学にならって“視覚のリーマン幾何学”を構築するという、たしかにほとんど前例のない試みですが、さまざまな錯視現象を統一的に説明する有力な手がかりとなるに違いありません。また、昔のレーダの画面には同心円が描かれていて、そこに線分などが重ねて映し出されると錯視図形に近いものになることがありました。飛行機のコースを正確に見るためには不都合なことです。このように、画像認識・画像処理装置のなかには思いがけない錯視現象が潜んでいるかもしれません。人間の視覚の基本原理を深く探ることは、センサ技術の進歩に、また視覚を通して情報を伝える通信技術の進歩に対しても、予想以上に大きな貢献を果たしていくのではないでしょうか。

超伝導量子干渉計で探る、脳の秘密

脳内メカニズムの大洋に、超伝導の糸を垂らす水先案内は、
地磁気の数億分の１という超微弱な磁界

脳の活動は、脳磁図として描かれる

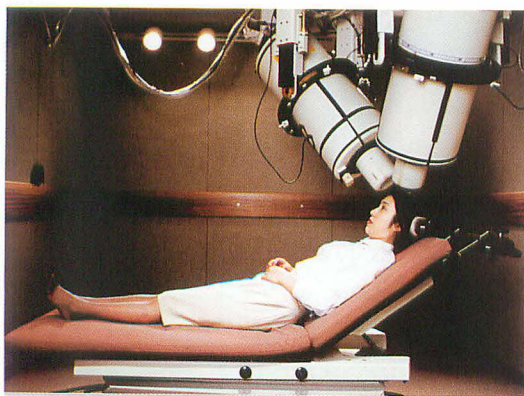
地球上で最も精緻にして高度な情報処理機械である人間の脳。数ミクロン大の神経細胞が数億以上詰まり、樹状突起(入力)、軸索(伝達)などの神経線維を介して結合し、情報処理を行っています。その様子はさながら超LSIを多数組み合わせたコンピュータです。

しかし、脳の実態のほとんどはいまだ解明されていません。

脳の神経細胞が活動する時にはイオン電流が流れますが、それは細胞外にも流れ出てきます。脳波測定というのは、電気抵抗の小さい脳から抵抗の大きい頭蓋骨を通して頭皮上に漏れ出てきた電流の電位差を計測するものです。一方、電流が流れる時に必ず誘起される磁界を利用するのが「脳磁界計測」で、非磁性体である頭骨・頭皮を貫いて外に現れたものを計測・解析するので、脳を傷つける心配がありません。頭皮上のある範囲の脳磁界反応を計測できれば、そこから脳内電流を計算で求めることができ、脳細胞の活動場所を数ヵ所以上、数㎜の誤差精度で推定可能です。

ただし、脳磁界の強さというのは、地磁気の数億分の１ときわめて微弱なため、厳重な磁気シールドルームと、10フェムトテスラ(*１)のレベルを検出できる超伝導量子干渉計(SQUID：Superconducting QUantum Interface Device)が必要です。

NTTが新しく設置した装置は、前頭、側頭、頭頂、後頭の61ヵ所から同時に、しかも１ミリ秒刻みで脳磁界反応の変化をとらえることを可能にしました。脳磁界反応は時間とともに大きく変動し、計測場所によっても違いが出るので、全頭上の広い範囲を必要な時間の範囲で計測できるこの装置は、ほぼ理想的なものといえます。

*1 フェムトテスラ：フェムトは1,000兆分の1。テスラは磁束密度の大きさを示す単位。1テスラは1万ガウス。

SQUID装置による脳磁界計測

■実験に用いたリズム音と脳磁界反応波形

まれに与えられる刺激リズム(B音)は、その最後の音が頻繁に与えられるA音の最後の音より0.15秒早い。その最後の音に対する反応波形が中央上に示されている。B音に対する反応波形には200ミリ秒前後で大きなピークがみられ、A音に対する反応波形を差し引くと中央下のような大きなミスマッチ反応がみられる。その活動部位は➡で示したように聴覚野近辺である。

脳コンピュータ設計への期待

現在、聴覚情報の処理機能に関する研究において、人の脳は母音から子音に変化する時点よりも、子音から母音に変化する瞬間に顕著に反応すること、日本語の５母音(あ～お)に反応する部位は互いに少しずつ異なっていることなど、興味深い事実が見出されつつあります。

また、周波数の違う２種類の純音を繰り返し聞かせた場合、低頻度音に対しては、刺激後約0.2秒に、高頻度音にはない反応がみられます。ミスマッチ反応と呼ばれるこの反応は、周波数、大きさ、長さのどの性質を変えても出現します。被験者が計測中に本を読むなどして刺激音を無視する状況でも、また純音ではなく複数個の音の組み合わせ(リズム)を聞かせた場合でも同様に出現するので、どうやら人間は、聞こえてくる音のすべての性質を常に無意識的に記憶していて、それと異なる音が聞こえると自動的に反応するメカニズムをもっているようです。今後は楽音や単語などを用いて、この短期記憶の性質を深く調べるとともに、意味処理に関連した反応も探っていく予定です。

脳磁界計測は、既に医学の分野では、発作性の脳波異常に対して、その発生場所の中心部位を推定する非侵襲的手法として応用されています。

脳内の隠された情報処理メカニズムを明らかにしようとするこの研究は、新しい情報処理システムのモデルを構築できる可能性も秘めており、“脳コンピュータ”の設計へと期待がふくらみます。

バイオコンピュータの復権

外部と電気信号をやりとりする、ラットの脳の培養神経回路、
神経回路の基本的アーキテクチャがみえてきた

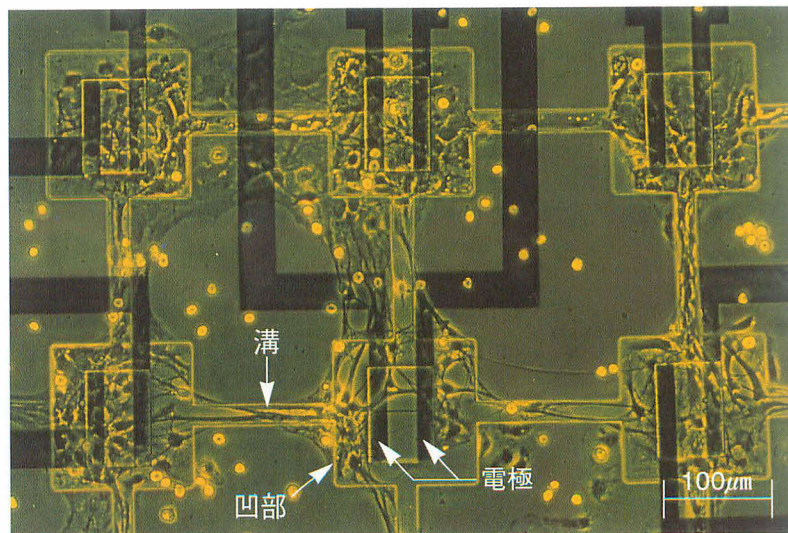
皿のなかで神経細胞を培養

学習や認識といった生物の脳ならではの優れた情報処理機能は、やはりコンピュータにとっては“憧れの的”なのでしょう。1980年代の初頭、新聞や雑誌の紙面を大いににぎわし、その後しりすぼみになってしまった「バイオコンピュータ」が、最近再び注目を浴びるようになってきました。NTTは約10年前から、培養神経細胞を用いたバイオコンピュータの研究を始めていました。膨大な数の神経細胞と複雑な神経回路をもつ実際の脳をじかに扱うことはできないので、生物学の手法を応用して、脳の基本素子である神経細胞を皿のなかで培養し、それを用いて神経回路を再構成しようというものです。

基板の上に細胞を置き、養分の入った溶液を加え、37℃・CO_2 5％の環境条件に保ち、1週間程度置いておきます。すると、驚くべきことに、各細胞から神経突起と呼ばれる突起が伸びてきて、神経回路を形成します。生きた神経回路が、そして、神経回路を構成する一つひとつの細胞の姿が、ありありと見えます。

問題は、非常に小さな領域にある神経細胞や神経回路の“活動”の様子をどのようにして見るかです。この目的のために、半導体の製造プロセスに用いられる微細加工技術（マスク法）を使い、基板の上に平坦な30ミクロン（μm）間隔の微小電極対を多数形成しました。各電極は細胞がその上に集まりやすいように150×150μmの凹部に置かれ、また、各電極間には細胞同士が結合をつくりやすいように溝がつけてあります。この微小電極アレイ基板が、神経回路上の多数の点における電気的活動を同時に記録することを可能にするわけです。単なる生理学的アプローチではなく、最新技術を活用した工学的アプローチを行っている点が、NTTのバイオコンピュータ研究の特色といえます。

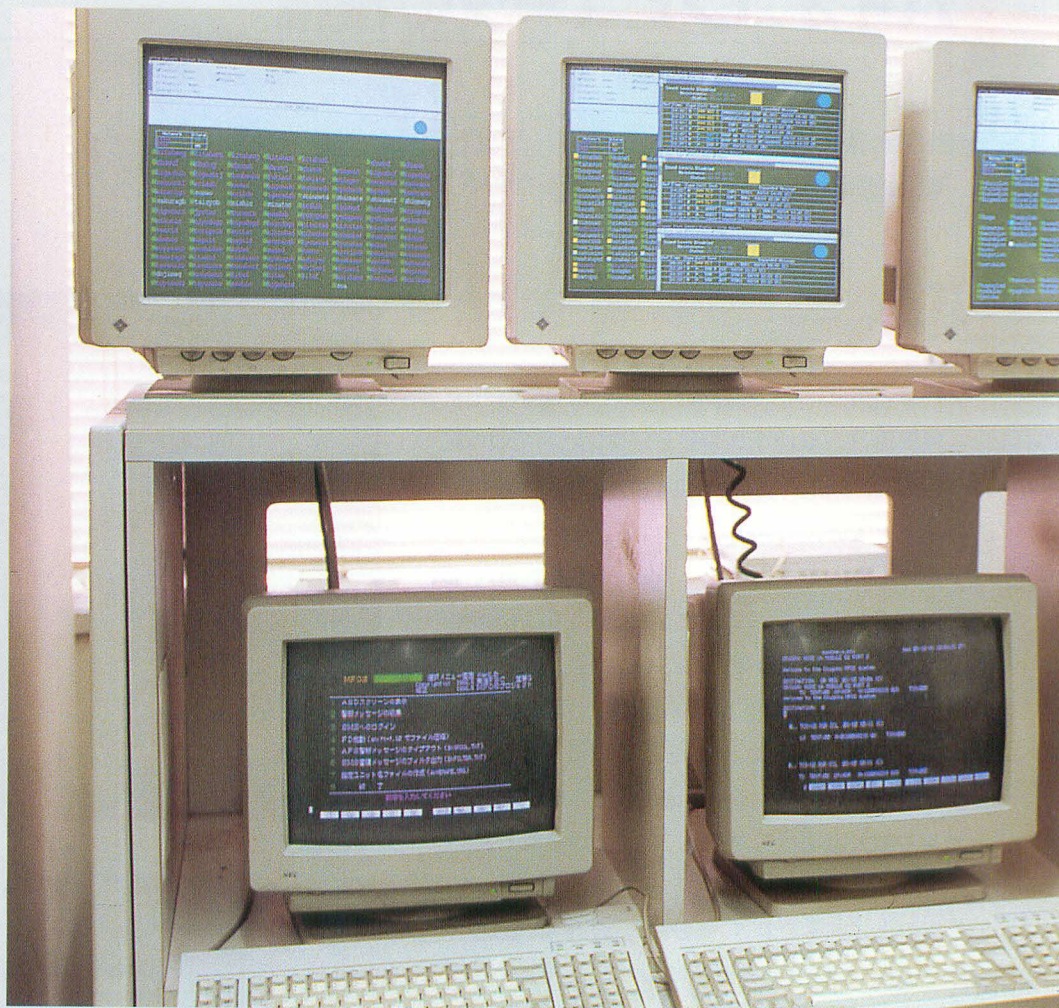
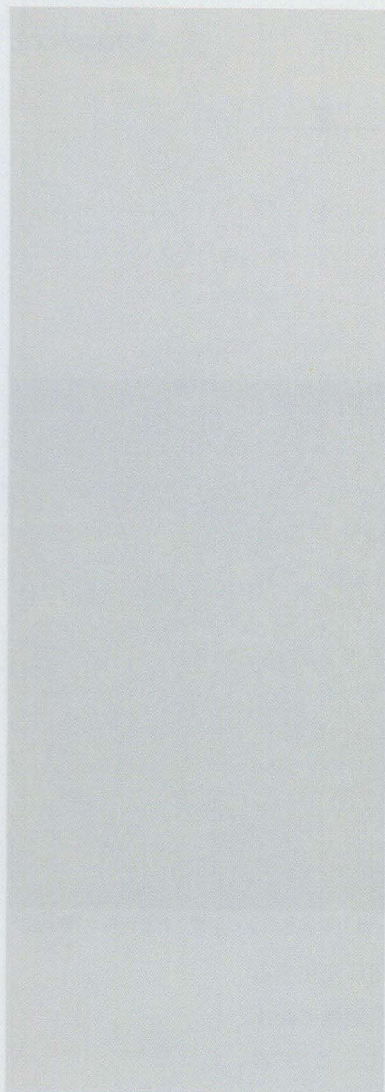
自発的に発振する脳の神経回路

生物学の分野では、培養したラットの脳神経細胞をマグネシウム濃度の低い溶液中に置くと、細胞内のカルシウムイオン濃度が5～10秒の周期で自発的に変化し、電気的な活動度もそれと一緒に変化することが確認されています。そこで、微小電極アレイ基板の上でラットの脳神経細胞を培養し、この“自発的振動現象”を観測してみると、図のように、いくつかの電極から同期したバースト状の信号が得られます。

微小電極基板上に形成された単純な神経回路

この信号の発生源は神経回路のいろいろな部分にあります。1つの細胞に微小ガラス電極を刺してみると、多数の小さな興奮性の入力が測定されます。また、細胞の培養日数が長いほど、つまり細胞間の結合が増大するほど、入力数は増え、発振周期は短くなります。

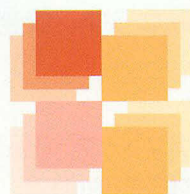
そして実験の結果、この振動状態は外部からの電気的信号で制御可能なこと、培養した神経回路は電極を介して外部との電気信号のやりとりを行えることが分かりました。

神経回路と電気的な回路とのインタフェースをつくることが可能になってきたので、今後は、生物の脳の神経回路の入出力特性や、その神経回路を形成する多数の神経細胞の働きを測定することにより、神経回路のもつアーキテクチャやアルゴリズムの解明へと向かいます。バイオコンピュータ実現の“王道”が、確かな方向としてみえてきました。

■培養脳神経回路の自発的発振現象

全国のD70交換機の24時間集中監視

全国6,000万の電話番号のなかから瞬時に検索する、電子番号案内システム(ANGEL)

全国のトラヒックを監視しているネットワークコントロール&マネジメントセンタ(東京・霞ヶ関)

効率化

戦略基盤に変身した社内情報システム

民営化を機に、NTT社内の情報システム化は加速度的に進展しました。それは、競争環境におけるお客さまへのサービスの向上や、業務の効率化を大きく推進させました。しかし、いずれも既存の業務フローのなかで個々に構築されていたため、「お客さまの多彩な要望に迅速かつきめ細かく対応」したり、「蓄積された情報資源を横断的に加工することで戦略的に活用」する、といった面では、お客さまを起点とするビジネスプロセスを一貫して支援するようにはできていませんでした。

1990年代に入ると、単なる業務支援に加えて、ネットワークマネジメントや、マーケティング、経営支援にも活用できる戦略的な社内情報システムが強く求められてきました。また、エンド・ユーザ・コンピューティング(EUC)や、業務の抜本的革新(BPR)などの社会トレンドへの対応も緊急課題となってきました。

そしていま、これらのニーズにこたえられるよう、民営化後の10年をかけて計画的に構築してきた端末系共通プラットフォームIRIS、5系統の社内情報システムを有機的に統合したCUSTOM、電子番号案内システムANGEL、支店業務支援システムBASISやトータルオペレーションシステムOpSなどが、新しい経営環境にきめ細かく対応し始めています。

有機的に統合された社内情報システム

新しい業務フローへの胎動、
効率化のみならず、業務の抜本的革新を指向

巨大なクライアント／サーバ型システムで、リソースの有効活用「IRIS」

かつて、NTTの社内情報システムは、お客さまサービスや電話料金の管理を行う顧客・料金系システム、支店業務をサポートする営業支援系システム、交換機や伝送路などの運用・保守を行う設備系システム、社内の経理や人事などに関する共通系システムの4系統のシステムが個々に稼働し、それぞれがホストコンピュータを中心にセンタ集中型システムを形成していました。

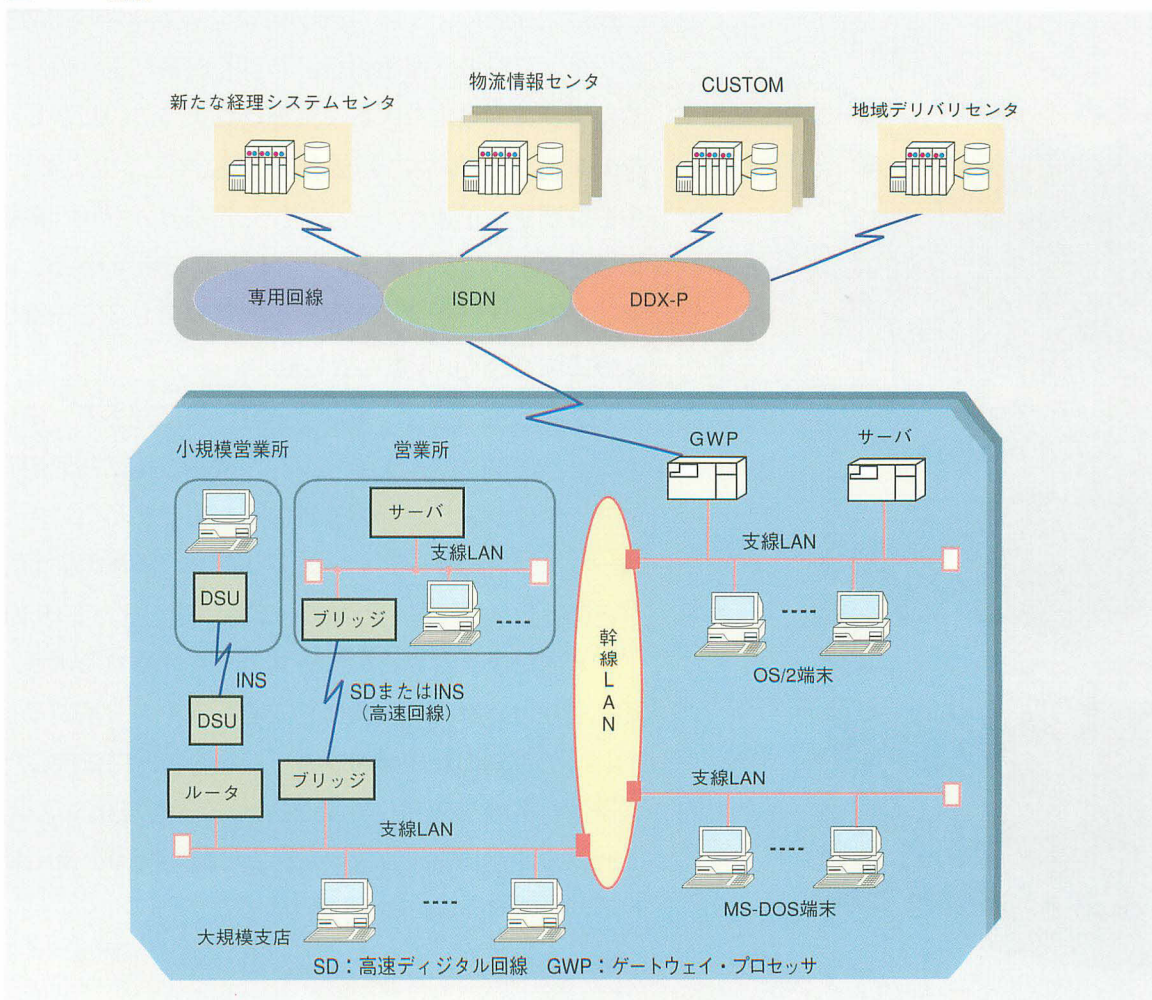
そこでは、システムごとに異なった端末を必要としたため、システムが追加されるたびに端末台数が累積的に増加することや、支店などにおいては全社型システムの情報活用が難しいことなどの問題がありました。また、ホストコンピュータへの負荷が集中するとともに、その故障時の影響が大きいこと、端末の運用・保守が統一されていないこと、なども課題となっていました。

こうした課題を解決するとともに、来るべき21世紀にふさわしい情報システムへの統合化を図るため、「端末系共通プラットフォーム（IRIS:Integrated platform for Regional Information System）」の開発を計画しました。IRISは、1990年（平成2年）の構想時点からクライアント／サーバ方式を想定し、必要なデータは各支店のサーバにもたせ、情報を支店独自で加工できるエンド・ユーザ・コンピューティング（EUC:End User Computing）環境を整備し、情報や設備の共有化を図り、リソースの有効活用を狙いとしたものです。

その実現には、全国展開時（1995年〈平成7年〉度末）の端末4万台、サーバ900台、GWP（GateWay Processor）1,100台、それらと各種メインフレームの

■IRISの構成

SD：高速ディジタル回線　GWP：ゲートウェイ・プロセッサ

お客さま対応業務を一元的に行えるようになったCUSTOM

大型ホストコンピュータとの間をLANやWANで結ぶ、超大型のクライアント／サーバ型のシステムを構築しなければなりませんでした。

IRISでは、マルチベンダに対応するために、異なる多数の業務システムへの共通アクセス機能の実現や、ハードウェアの制約を受けないインタフェースの統一を図る必要がありました。そこで、OSなどのベンダ提供のソフトウェア上に、各ベンダ間の差異を吸収するミドルソフトウェアを独自に開発し、業務AP（Application Program）には同一インタフェースで提供できるようにしました。

IRISは1993年（平成5年）度に、まず共通系システムの新たな経理システムから導入を開始し、いままでは個々に独立していたシステムを、IRISという端末系共通プラットフォーム上で統合し、同一インタフェースによってさまざまな業務APを提供できる環境を整えました。

このようにIRISは、より開かれたシステム環境下での情報の一元管理を実現し、また、稼働状況の監視やソフトウェアのインストール、バージョン管理など、ネットワーク利用による遠隔からの運用・保守・管理を可能にしました。これにより、業務の効率化はもちろん、お客さまサービスの充実や経営の戦略的サポートなど、あらゆる方面のニーズに迅速に対応しています。

マルチベンダコンバージョン方式で実現したシステム「CUSTOM」

1995年（平成7年）に、6年の歳月をかけて開発した「顧客サービス統合システム（CUSTOM：CUstomer Service TOtal systeM）」を、IRIS上に載せ、全国の支店を網羅した本格サービスを開始しました。

IRIS端末系を共通プラットフォームとし、CUSTOMを情報の核（データベースセンタ）として、これまで個別に併存していた5系統のシステムが有機的に統合された巨大な情報ネットワークシステムが動き始めました。

CUSTOM稼働以前のNTTでは、お客さまサービスや料金関連のシステムとして、新顧客サービスシステム、料金業務総合システム、加入者情報ファイルシステム（SIFS：Subscriber Information Filing System）、加入者収容管理システム（SATAS：Subscriber Assignment and Traffic Administrative System）、新線路設備管理システムの5つを運用していました。

しかし、お客さまサービスの向上や業務効率化の観点から、次第に次のような問題が発生してきました。

①必要に応じて構築した個々のシステムが扱うデータに、重複や不整合が生じてきた

②つぎはぎ状に機能追加してきたため複雑化を極め、これ以上の追加は難しくなってきた

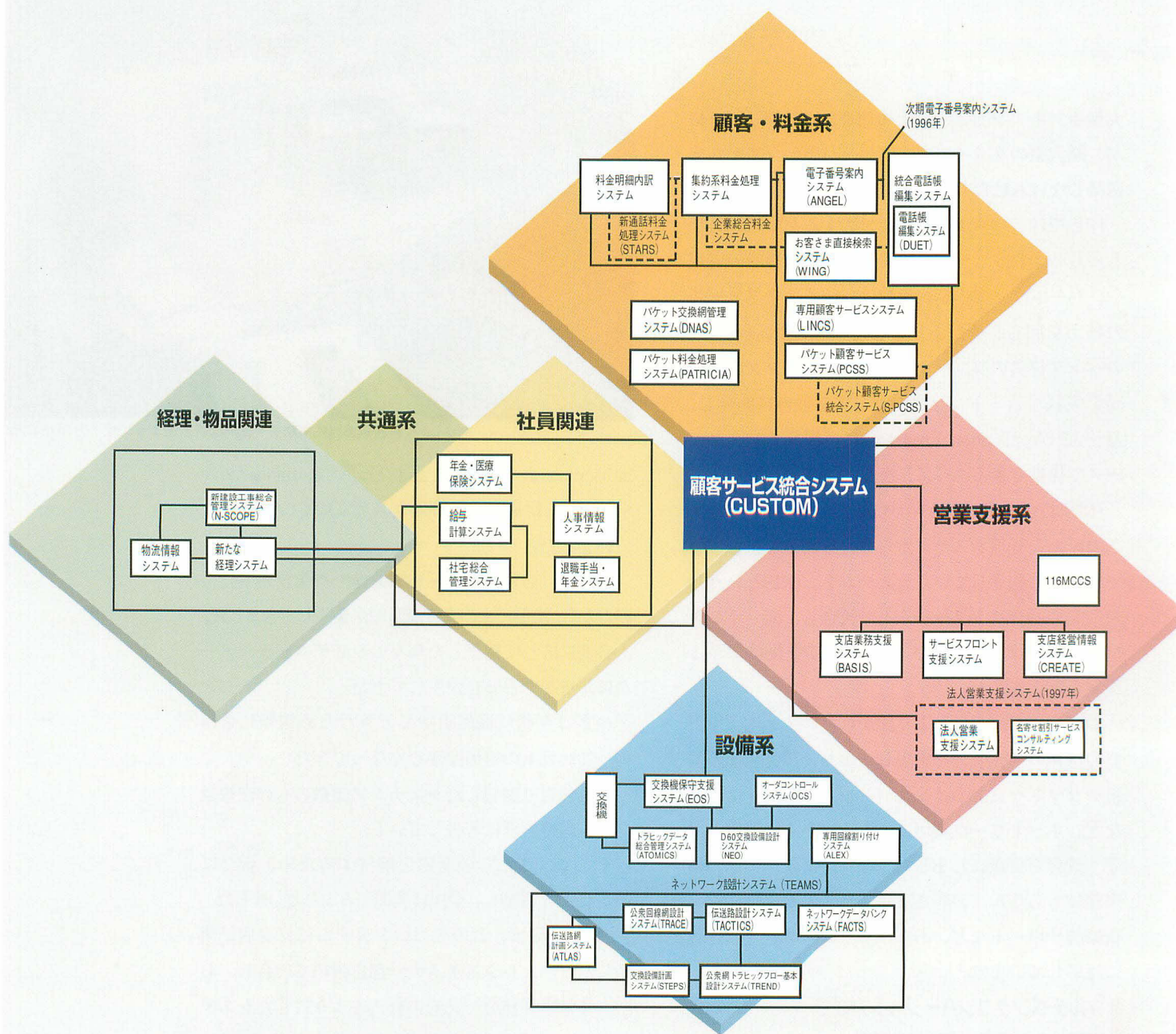
③支店独自で開発したシステムに類似のものが複数あり、維持管理に苦労している

そこで、これらの問題を解決するため、新たにCUSTOMを構築し、全国に展開することとしました。

CUSTOMは、この5つのシステムに、支店で開発したローカルシステムの一部を含めて統合し、お客さま対応業務を一元的に行えるようにしたシステムです。各業務APをサブシステムとして構成し、顧客関連データベースの統合を図りました。これにより、お客さまの注文から工事、料金請求や回収、故障管理に至るまでトータルな業務処理の自動化が可能となりました。さらに、データの整合性や、2重投入の防止を確保しています。

特徴は、超大型システムであることと、個々に異なる顧客関連データベースをマルチベンダ環境で統合したことです。このため、開発に際しても高度な最新技術を駆使しています。

とりわけ、異なった複数のベンダ環境上で並行開発した業務APを統合し、マルチベンダのハードウェア上に同一ソフトウェアとして提供するマルチベンダコンバージョン方式は、ほかに例をみないものです。これは、変換ツールを用いることによって実

■CUSTOMと他のシステムとの関係

現しました。SIP(System Interface Package)の開発や、CASE(Computer Aided Software Engineering)の大規模システムへの全面的な適用など、国内初の技術も数多く採用されており、これからの情報システム化へのソフトウェア開発環境を方向付けるものとして注目されています。

効率化とサービス向上「ANGEL」

CUSTOMに代表される顧客系システムのなかでも、お客さまとの接点に位置するのが「電子番号案内システム(ANGEL:Advanced Number Guide system by ELectronic computer)」です。電話番号情報をお客さまに案内する際に利用することから、システム自体が"商品"であるという点で、ほかの社内情報システムとは性格を異にしています。

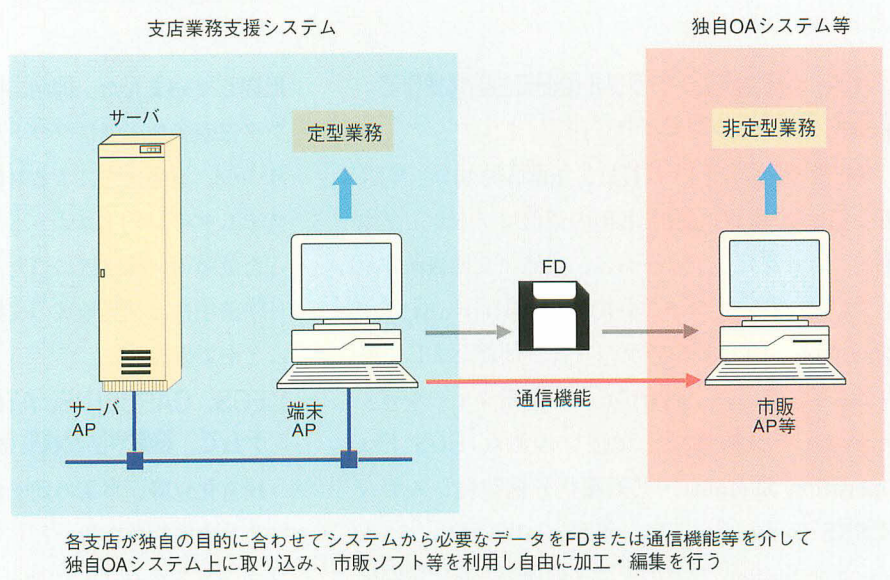
約100年の歴史をもつ人手による電話番号案内業務も、業務運営の効率化を目的に、1986年（昭和61年）に東京・大阪でシステム化(旧ANGELの導入)を開始しました。その後のお客さまのニーズの多様化・高度化に加え、全国展開計画や電話番号案内に係わる費用負担の適正化の動きなどの要因も伴って、1989年(平成元年)度末に、全国に現在のANGELを導入しました。

ANGELは、①電話番号情報をデータベース化して維持・管理などを行う情報処理センタ②お客さまからの問い合わせ情報を入力し、検索結果を表示する案内台③更新・統計情報の入出力を行う業務用端末、から構成されています。

■BASISのEUC機能の例

支店業務支援システム
独自OAシステム等
サーバ
定型業務
非定型業務
FD
通信機能
サーバ AP
端末 AP
市販 AP等

各支店が独自の目的に合わせてシステムから必要なデータをFDまたは通信機能等を介して独自OAシステム上に取り込み、市販ソフト等を利用し自由に加工・編集を行う

システムの核となる情報処理センタは、東京と大阪の2ヵ所に分散設置し、それぞれ4つのホストコンピュータによるマルチプロセッサ処理を行う方式を採用しています。さらに、通信制御装置やシステム制御装置を接続した複合システム構成とし、予備系ホストコンピュータやシステムファイル、顧客情報ファイルの2重化などにより、運用・保守面で高い信頼性を確保しました。

また、高速ディジタル回線と時分割多重化装置の活用により、低コストで信頼性の高いネットワーク構成を実現しました。

さらに、任意の案内台から全国の電話番号の検索ができることや、あいまいな問い合わせに対する検索機能を組み込んだこと、独自の音声合成技術による自動応答機能などにより、お客さまへのサービスの向上と業務の効率化を図っています。

1996年(平成8年)には、より効率化を実現する次期ANGELの導入を予定しています。1997年(平成9年)からシステム自体がCUSTOMと直結されるため、検索性がより向上し、情報の鮮度と精度が飛躍的に高まることが期待されています。

“支店の情報武装化”を目指す「BASIS」

IRISに搭載され、支店OAシステムとして全国展開が完了しつつあるのが「支店業務支援システム(BASIS:Business ASsistance Integration System)」です。これはもともと、民営化を契機に、全国の支店で“経営アイデア合戦”ともいうべき活動が活発化したことに端を発しています。これにより各支店が独自にデータベース(DB)をつくり始めるとともに、個々に知恵を結集してさまざまなツールを駆使し、データを収集・分析・活用し始めました。

“支店のDBを共有化し、もっと自由に使いたい”という要望が高まり、個々につくられていた支店DBを全国的に標準化してシステムに載せる試みがスタートしました。この試みが、後の業務の抜本的革新(BPR:Business Process Re-engineering)にも通じる先進的な発想として評価されたことが、全社的な財産としての、BASISの基礎となったといえます。

折しもIRISやCUSTOMという環境が整えられてきたため、“CUSTOMを通じて支店DBを共有化し、IRISによってそれらを自由に使いこなす”という形で、現在のBASISが完成、全国の支店へ展開されていきました。

BASISは、支店における営業系業務(ネットワーク商品の販売、通信機器の販売、公衆電話、テレホンカードの販売)を対象に、支店での業務処理手順を標準化し、日締め処理を提供、業務の効率化をサポートするシステムです。特徴的なのは、サーバ上に蓄積されたデータを支店独自の視点で自由に分析・加工することができるEUC機能です。“支店のDBを共有化し、もっと自由に使いたい”という要望にも通ずるEUC機能の提供はBASISを走りとして、その後さまざまなシステムへも展開していきました。

民営化後10年。NTTを取り巻く環境は、料金競争からサービス競争へとシフトしつつあります。このような状況のなか、いかに各種サービスを効率よく提供し、お客さまコンサルティングを充実させるかが、全社的に重要な課題となっています。BASISはこうした課題にこたえる強力な武器として、営業最前線にいる支店の業務をサポートしています。

24時間息づくネットワークを、一元的に運用・管理

日々増殖し続ける巨大なネットワーク。そのすみずみにまで通わす、システムという名の神経

阪神・淡路大震災のトラブル復旧にも遠隔操作で活躍「五反田コックピット」

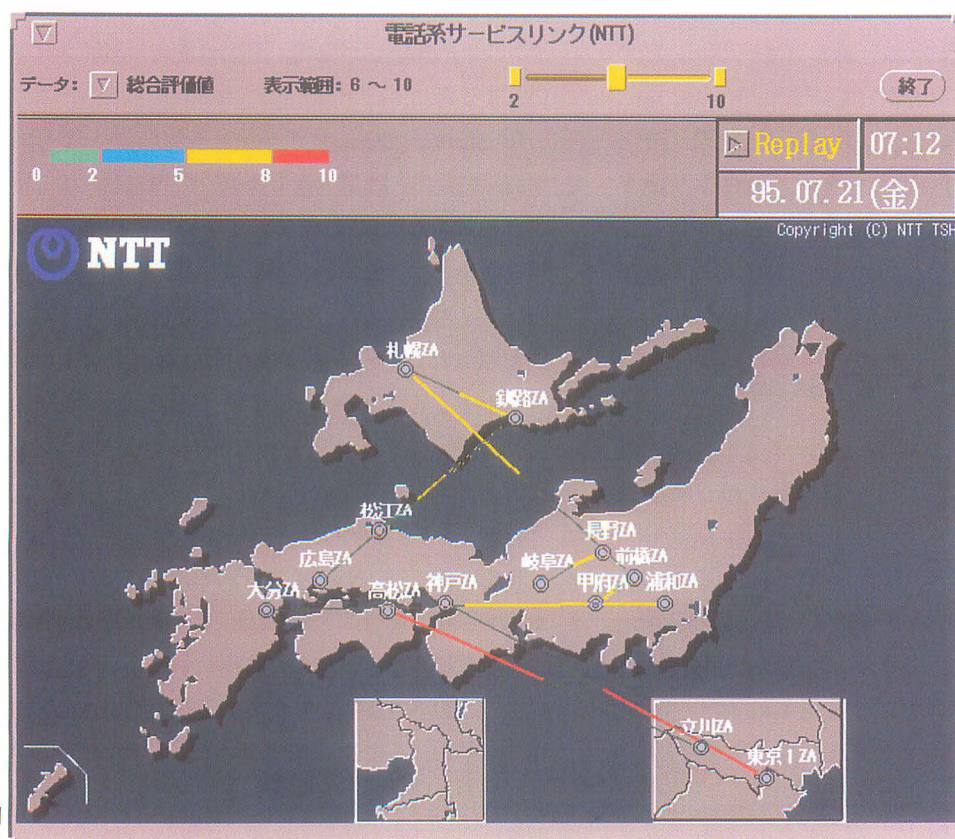
1995年(平成7年)1月17日、午前5時46分。NTT五反田ビル(東京・品川)8階の通信ソフトウェア本部内のコックピットルームに、突然、交換機保守バックアップシステム(MFOS:MultiFunction Operation System)のアラーム音がけたたましく鳴り響き始めました。同時に正面の大型ウォールディスプレイや交換機保守支援システム(EOS:Ess Operation System)・共通線信号網監視システム(CSNS:Common channel Signalling Network operation System)などのモニタ画面が一斉に警告を示す赤色に変化。弾かれたように立ち上がるスタッフ。"三宮に異常だ、いや神戸全体がやられた"と、措置指揮者を陣頭に、全員が反射的に措置ルームのワークステーションに飛びつきます……。

気象庁を除けば、おそらくどんな機関もまだ何も気づいていなかったはずの地震発生時点で、既に五反田コックピットでは「神戸を中心とする阪神地区」に「広域で激甚な災害が起きた」という事実を正確に把握していました。即刻、関西通信ソフトウェアセンタほか各地の通信ソフトウェアセンタと連携を取りつつ、遠隔操作による対応を開始し、交換機のシステムダウン(11ユニット)を含め、約100件にも上った故障の回復措置に当たりました。その結果、翌日午前中には被災地域の交換機能すべてを復旧することができました。

EOS、CAROLINE、ATOMICSなどの監視システムで、設備や回線状態を遠隔管理

民営化以降、事業の効率化を図るための運用・保守業務の集約化を狙いとして、さまざまなオペレーションシステム(OpS:Operation System)が構築されてきました。EOSはその一つで、交換機を監視しています。そのほか、伝送路を監視する地域伝送路網運用保守システム(CAROLINE*1)や、回線の運用状況を管理するトラヒック総合管理システム(ATOMICS*2)などが代表的なものです。

EOSの特徴としては、柔軟性・拡張性に富むこと、豊富な機能(エリアフリー機能、コマンドフリー機能、自動定期試験結果の自動分析機能、パッチ転送

*1 CAROLINE:Centralized maintenance AdministRation and Operation system for Local Integrated transmission NEtwork
*2 ATOMICS:Advanced Traffic Observation and Management Information Collecting System

ATOMICSの画面例
(トラヒック状況の監視)

および投入作業の自動化、メッセージ受信、保守支援機能など)が挙げられ、交換機の広域集約保守を、熟練者に頼らずに効率的に行うことができます。

CAROLINEの特徴としては、監視集約機能、警報情報管理機能、故障区間推定・故障回線情報配信機能、予防保全機能、遠隔制御機能、データベース機能などが挙げられ、効率的で確実な伝送路の集約保守を実現しています。

また、ATOMICSは、トラヒック情報の観測から収集、転送、処理、表示までを統合するシステムです。このシステムは、トラヒックの急増や設備故障などによるネットワークサービスの低下を、リアルタイムに監視して異常事象の分析を行い、適切な措置を実施したり、トラヒックデータを基に回線効率やサービス品質の見直しを行い、ネットワークを常に最適な状態に維持するよう目を光らせています。

「統合ネットワークOpS」の構築による一元的な運用・管理で、通信サービス品質を高度に保持

OpSはオペレーション業務の効率化・集約化に大きく貢献しましたが、設備別・ネットワーク別・業務別の個別対応システムであったため、システム相互の連係や情報流通が十分ではなく、必要なデータの重複投入などの問題がありました。

そこで、お客さまサービスの一層の向上と業務の効率化、投資の効率化を目指し、各OpSを光ファイバケーブルやパケット交換網で結んで一元的に集中管理できる「統合ネットワークオペレーションシステム」の構築を図ってきました。その実現にはディジタル化や光化などの技術の進歩が背景にあります。大震災による交換機などの故障を、わずか1日で復旧するといった“離れ業”を可能にしたのも、この統合ネットワークOpSが構築されていたからです。

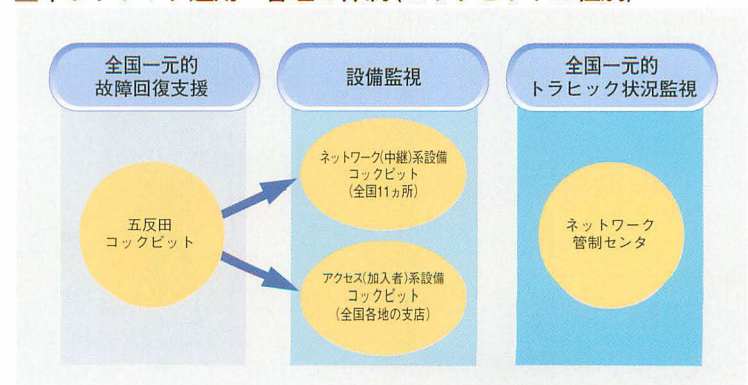
五反田コックピットルームには、いち早く被災を知らせたMFOSやEOS、CSNS、CAROLINEのほかパケット交換網管理制御システム(DNCS:Digital data Network Control System)、新同期網制御オペレーションシステム(SUCCESS:SUrveillance Concentrated Control and Evolution System for SDH-Network)、加入者線試験システム(CULTAS:CUstomer Loop Test And trouble inquiry call reception System)など、数種類のOpS端末が置かれ、交換機などの通信設備の全国一元監視と故障回復支援を行っています。

24時間眠らないネットワークコントロール&マネジメントセンタ

五反田コックピットルームには、交換機やOpSの設計・開発に携わる専門技術者が24時間常駐しています。高度なスキルを生かし、複雑なCPUやメモリの故障、ソフトウェアの不具合などにも迅速、正確に対応し、措置後はその結果を開発にフィードバックすることで、常にシステムの改良を行っています。

また、「統合ネットワークOpS」で全国のトラヒック状態を集中監視しているのが、ネットワークコントロール&マネジメントセンタ(東京·霞ヶ関)です。ここではATOMICSを核とし、CSNS、トラヒック制御システム(TCS:Traffic Congestion control System)などを設置し、24時間体制で監視しています。異常を発見すると各種OpSを駆使してサービスの維持に努めるほか、全国8ヵ所の地域管制センタとの情報交換を通じて状況を確認、迂回方法や予備設備への切り替えなど、適切な措置を指示します。

NTTは、そのほかネットワーク(中継)系のコックピット(全国11ヵ所)やアクセス(加入者)系のコックピット(全国各地の支店)も設置し、所轄の通信設備を監視するとともに、お互いに連携をとりあい、故障の未然防止や早期回復に努めています。

■ネットワーク運用・管理の体制(コックピットの種別)

トータルオペレーションシステムへの進化

21世紀を見据えた未来型の新しいOpS

千代田PPコックピット

次世代型ネットワークを構築する「千代田パイロットプラント」

統合ネットワークOpSによる集中一元化の考え方を、通信設備の光化と同時に導入したのが「千代田パイロットプラント(千代田PP)」です。従来は、通信設備ができてから実際の仕事の動きをみてOpSを構築してきましたが、千代田PPでは最新の技術を用いて通信設備とOpSを一括して開発し、ハードウェアとソフトウェアを連携させて、効率的な業務の流れを構築しました。

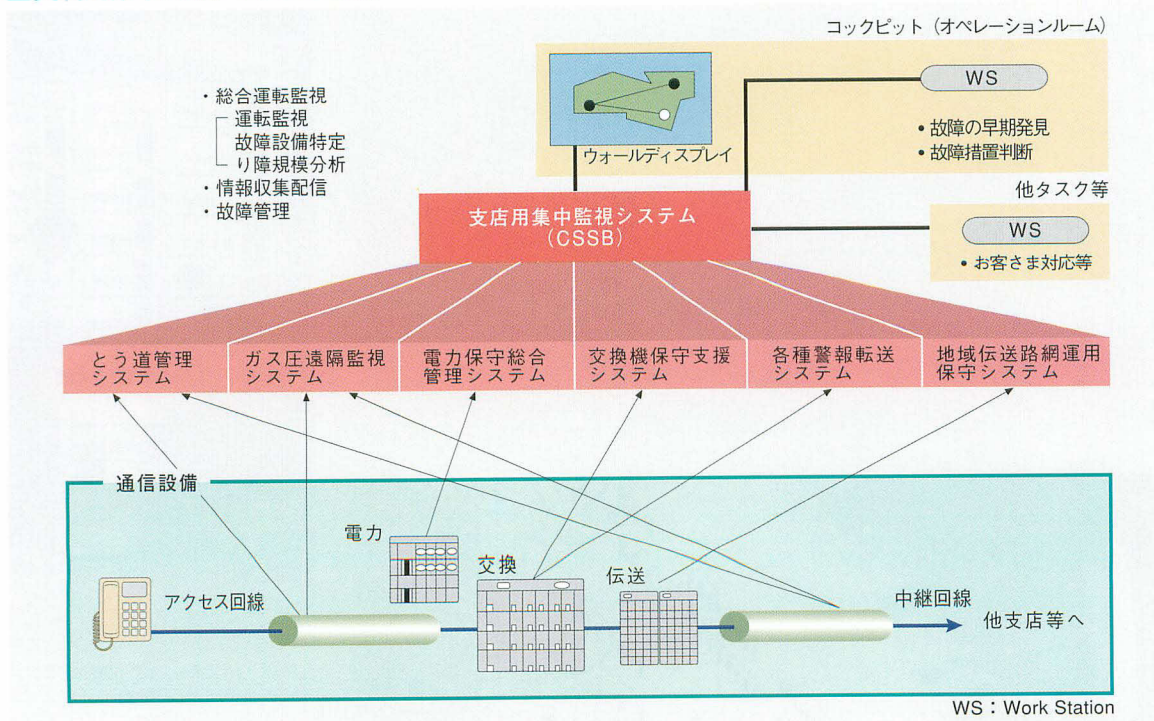
千代田PPは、1987年(昭和62年)にスタートした東京の大手町都市再開発計画に伴い、旧千代田設備センタを建て替えることになったのを機に発足しました。1992年(平成4年)竣工の大手町ニューメディアセンタを21世紀を見据えた未来型通信基地として、大規模で先進的な光通信インフラストラクチャを構築していこうというもので、新しいネットワークエレメント(NE)やそれに対応するトータルOpS、その機能・性能などを検証する目的で導入されました。

このOpSの開発コンセプトは、それまでの設備監視業務だけを行う統合ネットワークOpSから“時間や人員や手間をかけず、遠隔からでも簡単・迅速にお客さまの注文に基づくサービスオーダ(SO)業務や故障修理業務、設備監視業務が行える“トータルOpS”へ進化することでした。特に重視されたのは、①業務のフロースルー化②操作環境のエリアフリー化③ヒューマン・マシン・インタフェースの向上、の3点です。

たとえば、これまでのSO工事では、提供すべきサービスの内容や、設備の所在場所などを考慮して設備の割付を行い、個々のNEの設定コマンドの入力を行っていました。新線路設備管理システム、SOインタフェースモジュール(SOM)、回線設定切替システム(KAM: Kaisen Assignment Module)、EOS(*1)などにより構成される新しいOpSでは、これらの設備情報や割付条件をシステム化することにより、サービス内容・提供場所をシステムに指示するだけで、SO工事が完了できるようになりました。また、自動MDF(Main Distributing Frame)や加入者系半固定パス接続装置(LXM)、ディジタル交換機(D70)へのオンライン設定機能により、遠隔からジャンパ(通話パス)の設定・解除や、顧客情報の登録・削除ができるようになり、トータルOpSからの自動工事が可能になりました。

*1 EOS(Ess Operation System):交換機保守支援システム。

■業務のフロースルー化(千代田PP・SO業務例)

■支店用集中監視システムの構成

さらに、システムが相互に接続され、工事中でも設備の使用状態がデータベースに反映されるため、データの重複投入やデータベースの誤りの発生も防げるようになりました。

故障修理業務のフロースルー化を実現するため、加入者線試験システム(CULTAS)を導入しています。さらに、ウォールディスプレイを用いた、設備の運転状況などを一元監視できる支店集中監視システムを導入し、先端的なコックピットを実現しています。これにより、分散している拠点との連携によるオペレーション業務が可能となりました。

このように、トータルOpSによってお客さまに満足していただけるサービスの提供と、人・物・金・情報の経営資源の効率的な活用を実現しています。

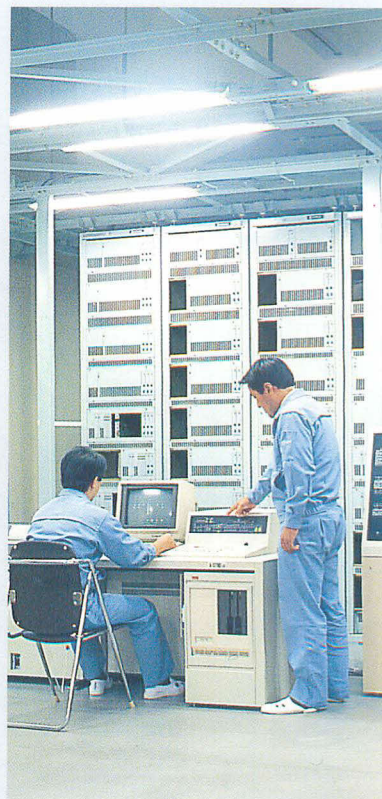
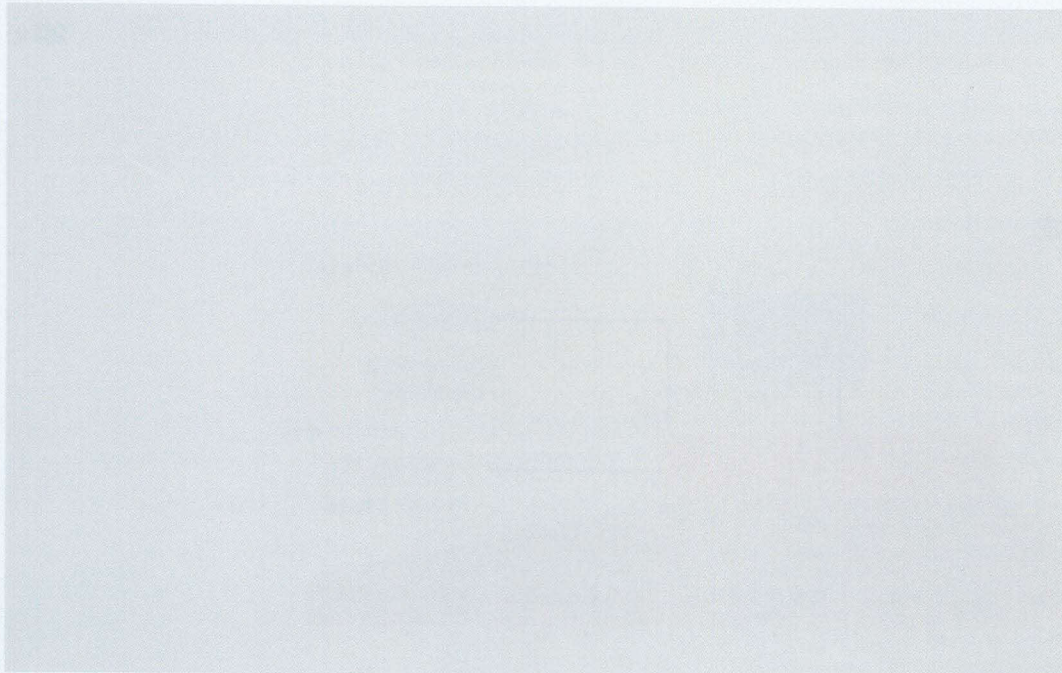
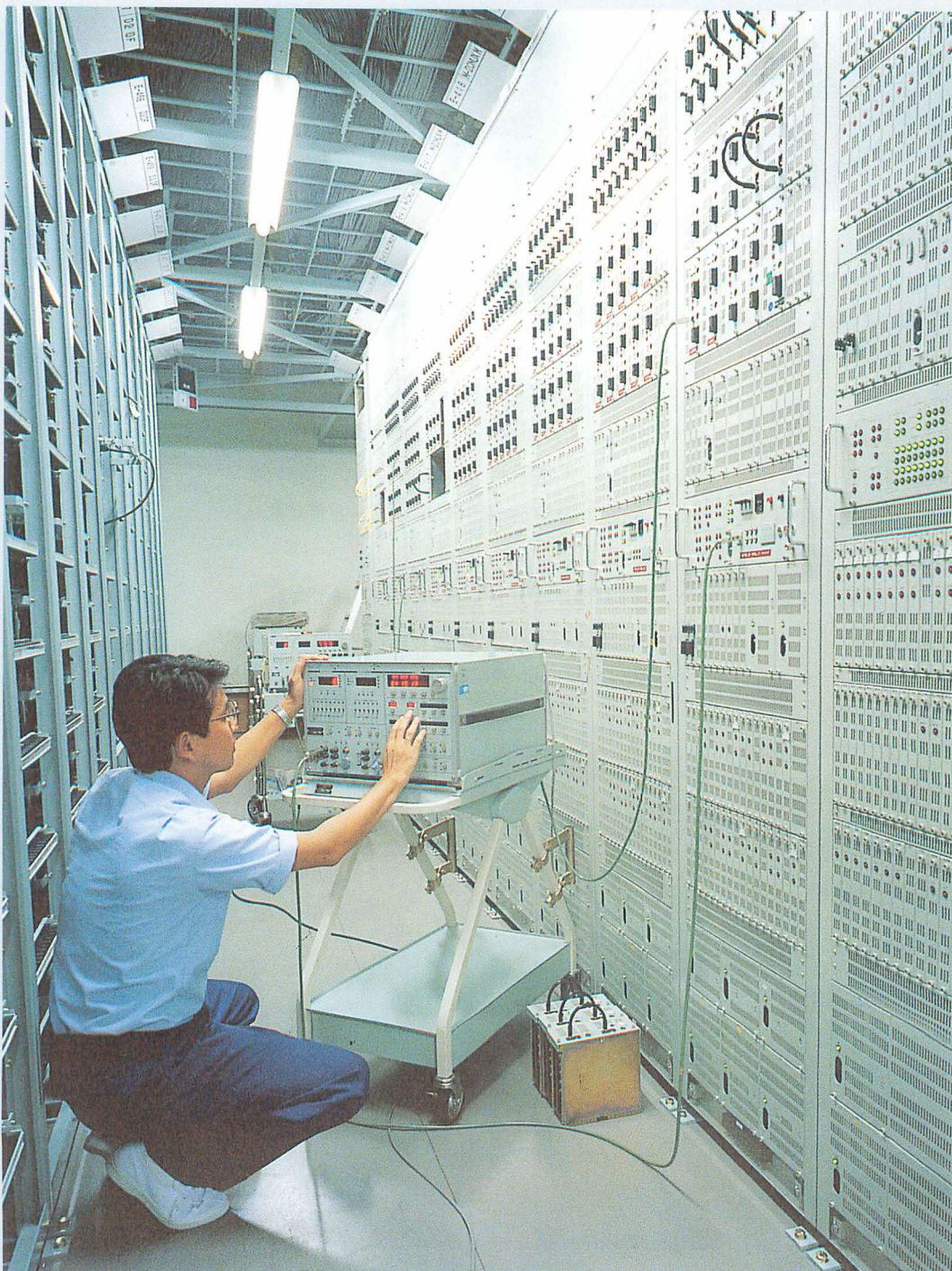
お客さまオリエンテッドな「トータルOpS」を目指して

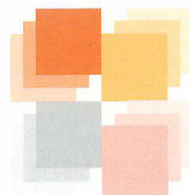
千代田PPは1990年(平成2年)にプロジェクトが発足し、1992年(平成4年)にスタートするまで、わずか2年6ヵ月という短い期間で通信設備からOpSまでのすべてをつくり上げなければなりませんでした。特に、設備とOpSを同時にトータルな形で立ち上げることはあまり先例がなく、多くの人々の英知を結集して開発・導入が行われました。その結果、スタート後の運用はおおむね良好で、NTTへの信頼度を高めました。

この千代田PPの成果の多くは、現在改良を加えられた形で、世界最先端の技術として全国各支店のコックピット構築や業務のフロースルー化に生かされています。

トータルOpSの導入に伴い、オペレーションの流れは、お客さまの要望をサービスフロントが受けてバックヤードが支援・実行する形から、サービスフロントが受けた時点で即実行する形へと移り変わってきました。

NTTはお客さまサービスの一層の向上と経営の効率化を目指し、トータルオペレーションシステムの高度化に向けて取り組んでいます。

千代田PPの113(故障受付)ワークステーション

NTT網とNCC網の接続に向けての準備作業①（IGS交換機）

NTT網とNCC網の接続に向けての準備作業②（M-20同期端局装置）

オープン化

市場の活性化と、より低廉で魅力あるサービスの提供を目指して

“ネットワークのオープン化”。それは、通信市場に競争原理が導入され、新規参入事業者(NCC)が参入して以来、NTTが市場の活性化とお客さまサービスの向上を図るうえで、重要な課題となっています。

ネットワークのオープン化は、他の電気通信事業者の利用を識別するためのクロスバ交換機へのID送出装置の取り付けや、相互接続用インタフェースの開発、相互接続点「POI」や関門交換機の設置などから始まりました。すべての交換機からIDの送出を可能とする「オールID化」や、クロスバ交換機のディジタル交換機への取り替え(オールSPC化)を完了し、さらに高度サービスを提供する環境も整備してきました。

一方で、イコールフッティングの観点から、NTTの事業部制の徹底や他事業者との「原則1県1POI」の取り決め、エンド・エンド料金制度の導入、そして新たな接続協議に関する手順などの明確化を図ってきました。

今後、ますますサービスが高度化・多様化するマルチメディア時代に向け、ネットワークのオープン化も、地域アクセス系でのPHS事業者、CATV事業者などとの公正な接続、そして、市内網の全面開放へと舞台は移りつつあります。

電気通信市場の活性化のために

加速させてきた公正競争環境の整備がもたらす、「ネットワークのオープン化」

ID送出で始まった、開かれたネットワークづくり

1987年(昭和62年)9月に、新規参入事業者(NCC:New Common Carrier)がサービスを開始しました。公正競争のスタートです。

NTTとNCCが同じ"土俵=市場"で事業を展開するうえで、まず課題となったのが、地域のNTT網と長距離のNCC網とを接続するために必要な「発信者識別番号(ID:IDentification)」の確認です。お客さまがNCC網へアクセスしたかをチェックするためには、交換機からのIDの送出が不可欠です。

IDの送出は、ディジタル交換機であれば容易です。ところが、1987年(昭和62年)時点では、IDを送出できない、クロスバ交換機が全交換機の60%以上を占めていました。

ますます高度化・多様化するお客さまのニーズにこたえ、新しいサービスを提供していくためには、クロスバ交換機が機能的な限界にきていたことから、NTTは、2000年(平成12年)度末を目途に順次ディジタル交換機への取り替えを計画していました。

しかし、NCC各社からのID送出の強い要望や公正競争市場の環境を早期に整えるために、ディジタル交換機への更改の過渡的な措置として、申し込みごとにクロスバ交換機に外付けでID送出装置を新たに設置しました。

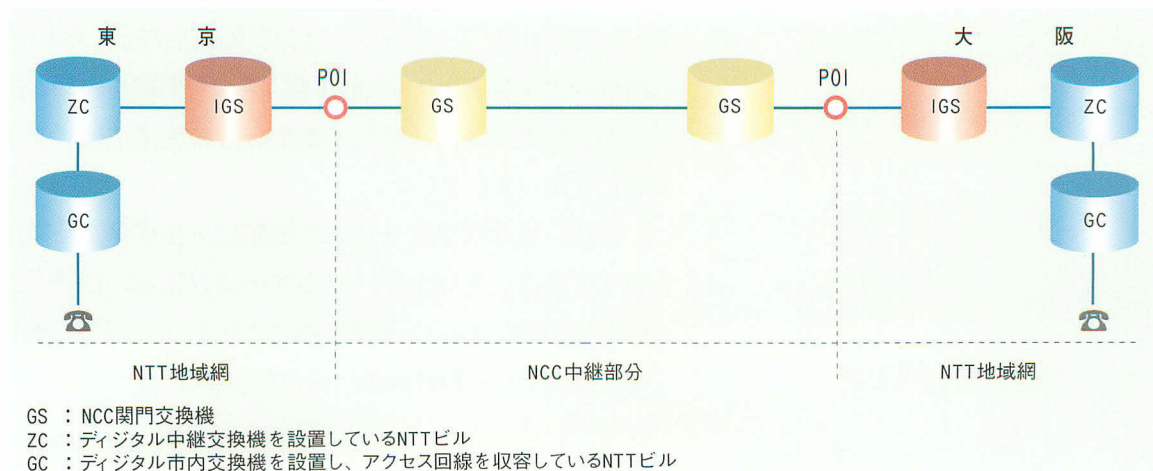
その後、1993年(平成5年)7月には、すべての交換機からIDの送出が可能(オールID化)となり、さらに、1994年(平成6年)度末には、クロスバ交換機からディジタル交換機への取り替えにより、すべての交換機が、高度サービスを提供できる蓄積プログラム制御(SPC:Stored Program Control)方式に変わりました(オールSPC化)。

1997年(平成9年)度末までには、当初の計画を前倒しにして、現在残っているアナログ電子交換機をすべて、ディジタル交換機に更改する予定です。これにより、より高度なサービスの提供が可能となり、公正競争環境も一層整備されます。

情報通信サービスを自由に選ぶための「基礎工事」

通信の自由化により、お客さまが情報通信サービスを自由に選べる環境を整備するため、NTTは、新たに相互接続用のインタフェースを開発し、ネットワークを改造してきました。その第1段階が、相互接続点(POI:Point Of Interface)の規定と関門交換機(IGS:Interconnecting Gateway Switch)の設置です。

NCCの参入に際し、NTTではNCC網との責任分界点として県内数ヵ所にPOIを設定し、POIからみてNTT側にIGSを配置しました。そして、IGSを通過する通話回数をカウントするシステムをつくり、そのデータをIGS料金明細センタで処理して、NCCに料金請求を行うこととしました。こうした方式をとることにより、お客さまは、事業者の別を意識せず、自由にサービスが利用できるとともに、NTTにおいては、将来、料金精算方式が変わった場合に、

■NTTとNCCの相互接続の概要

交換機に手を加える必要がなくなり、IGS料金明細センタの処理ソフトウェアを変更するだけですむようにしました。

料金設定は当初、加算方式でスタートしました。加算方式とは、①お客さまの端末からPOIまでのNTT地域網使用料②POIからPOIをつなぐNCC長距離網使用料③POIから相手先端末までのNTT地域網使用料、の3つを足し合わせるものです。この方法では、従来の課金方式をそのまま適用できます。

しかし、たとえば、同じ170km超の区間を利用する場合、POIの近くのお客さまはNTT料金が安くすむのに対し、POIから遠いお客さまは料金も高くつくため、支払額に差が出るといった問題が生じました。それを解消するためにNCCは、県内に複数のPOIを設けていきました。

その後、公正競争条件の確保の観点から、NTTは、1992年(平成4年)度から事業部制の徹底を図り、長距離通信事業部門は"県間通信"、地域通信事業部門は"県内通信"と、それぞれの業務範囲と責任を定め、NCCとの競争範囲を明確にしました。これにより、NTTの長距離通信事業部門とNCCは、「原則1県1POI」の同じ条件で県間通信を行うことになりました。

また、1993年(平成5年)11月から、エンド・エンド料金制度を導入し、NCCもお客さまの端末から端末までの料金を独自に設定ができるようになりました。さらに、1994年(平成6年)4月には、NTTとNCCとの間で、NTT地域網を使う部分については、接続のための料金をNCCが負担する「事業者間接続料金(アクセスチャージ)制度」が導入されました。こうした新方式の導入も、IGS料金明細センタ内でのソフトウェア変更だけですみ、お客さまへのサービス提供も迅速かつスムーズに提供することができました。

「市内網の全面開放」へ

民営化後10年。NTTは、ディジタル交換機への更改や機能追加、新料金システムの導入など相互接続への要請に迅速にこたえ、公正な競争市場の醸成に努めてきました。そのなかで、長距離系での激しい価格競争も行われ、市外通話料は競争導入前に比べて半分以下と大幅に下がりました。

クロスバ交換機からディジタル交換機への切り替え作業

さらに、1995年(平成7年)7月には、新たに簡易型携帯電話(PHS:Personal Handy phone System)事業者が参入し、またCATV事業者も電話事業への参入を表明するなどを背景として、今後は地域アクセス系での競争が本格化してくるものと予想されます。

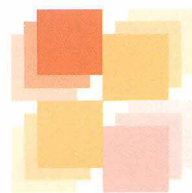
サービス面では、1995年(平成7年)5月に、NCC-VPN(Virtual Private Network)サービスもスタートしました。これは、NTTのメンバーズネットと同様のサービスで、公衆網をあたかもプライベートネットワーク(専用回線を使い企業などのユーザ専用に構築した私設網)のように使い、内線番号だけで遠隔地の支店などと通信できるサービスです。

NCCのこのサービスの開始に当たっては、NCC-VPN実現のために採用したリルーチング(経路の再選択)方式が、NCCの回線設備がまったく関与しない"県内通話"についてもNCCで管理することとなるため、大きな議論となりました。

1995年(平成7年)9月に、NTTは、『市内網の全面開放』を表明しました。さらに、1997年(平成9年)の実施を目途に進められているNCCとの信号網接続が実現すれば、これまでにはなかった相互接続情報(番号変換情報や位置情報など)の送受信が簡単にできるようになり、こうした高度ネットワークサービスのオープン化も大きく前進することになります。

NTTの技術を公開する情報ステーション(NTT新宿本社ビル内)

ITU全権委員会議(1994年9～10月、国立京都国際会館にて)

グローバル化

技術を通じた社会貢献で世界をリード

NTTが電電公社から引き継いだもののなかで、「情報・通信分野における研究の推進およびその成果の普及」という社会的責務は、今日、一層その重要性を増してきています。

情報・通信分野を中心に、国家的ビッグプロジェクトにも電電公社時代から一貫して取り組み、日本経済の高度成長の原動力となる画期的な技術を生み出してきました。さらに、現在では、情報通信の枠を超えた領域でも世界をリードする先進的な研究を数多く手がけています。

純粋基礎研究から実用化研究の幅広さと深さもさることながら、来るべきマルチメディア社会の情報通信インフラストラクチャ構築に向けた研究開発にも力を注いでいます。また、独自開発の技術も積極的に開示し、その普及に努めています。

情報通信の世界では、通信ネットワークの相互接続を確実に行うために、国際標準化は不可欠です。NTTは、世界の主要キャリアやベンダが集まる各種の国際標準化機関において、そのリーダーシップを発揮し、活躍しています。

グローバル社会へ、技術で貢献

世界を視野に入れた国際標準化活動

国際標準化活動は
ナショナルフラッグキャリアの責務

海外旅行にドライヤーなどの日本の電化製品を持参して、プラグや電圧の違いで使えなかった、という経験をよく耳にします。これは国際標準として統一化されていないか、標準があったとしても細部規定が国によって異なっていることによるものです。しかし、国際電話や国際通信の場合、“つながらなかった”では済まされません。特にインターネットが一般化するなど、ますます情報のグローバル化、ボーダレス化が進展してきた現在、通信ネットワークを経由した端末相互の接続を確実に行うため、国際標準化は不可欠です。

世界各国の企業は標準化活動に寄与することにより国際社会への貢献をしています。さらに、その波及効果として、技術力に対する企業イメージの向上にも役立てています。また、量産効果によるコストの低廉化を図るためにも、標準化はきわめて重要です。

標準を作成すること、すなわち標準化活動は、全世界の関係者が一堂に会し、コンセンサスを形成することによってなされます。このような国際的な標準化活動を行う場としては、世界の主要キャリアやベンダがメンバーとなっている、国際電気通信連合（ITU:International Telecommunication Union）、国際標準化機構（ISO：International Organization for Standardization）、国際電気標準会議（IEC:International Electrotechnical Commission）などの国際標準化機関があります。

ITUの電気通信標準化部門（ITU-T）に対する日本からの寄書提案件数は、1,447件（1989～1992会期）であり、これは全世界の16%に当たります。そのうちの68%に相当する980件が、NTTによるものであり、標準化活動を通じ、NTT事業ばかりでなく国際社会に大きく貢献してきています。

こうした活動を通じて、NTTの技術は、画像圧縮符号化方式によるG３ファクシミリの標準（1980年〈昭和55年〉）、通信ネットワークのハイアラーキ構造の新同期インタフェース（SDH:Synchronous Digital Hierarchy）の標準（1988年〈昭和63年〉）、パケット交換機能をサービス総合ディジタル網（ISDN:Integrated Services Digital Network）に融合させたISDNパケットプロトコルの標準（1988年〈昭和63年〉）などに採用されたばかりでなく、共通線信号方式や光ファイバケーブルなどの国際標準化にも貢献しています。

一方、技術革新が急速に進展していることから、

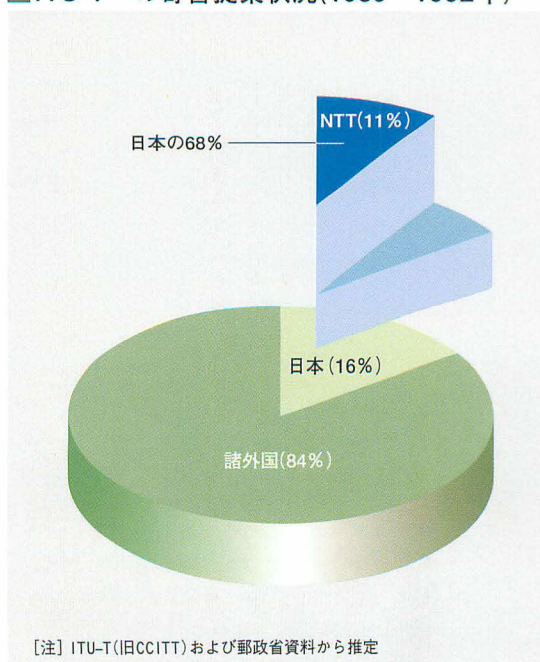
■NTTが参画している主な標準化機関

	機関名	
国際	ITU-T	国際電気通信連合　電気通信標準化部門
	ITU-R	国際電気通信連合　無線通信部門
	IEC	国際電気標準会議
	ISO	国際標準化機構
	ISO/IEC JTC1	ISO /IEC合同技術委員会
国内	電気通信技術審議会	
	TTC	（社）電信電話技術委員会
	RCR	（財）電波システム開発センター
	JISC	日本工業標準調査会
	JSA	（財）日本規格協会
	ITSCJ	（社）情報処理学会情報規格調査会

■NTTが参画している標準化に関連のある主な団体（デファクトフォーラム）

ATM-F	（ATM-Forum）
NMF	（Network Management Forum）
FRF	（Frame Relay Forum）
DAVIC	（Digital Audio-VIdeo Council）
TINA	（Telecommunication Information Networking Architecture）

■ITU-Tへの寄書提案状況（1989～1992年）

［注］ITU-T（旧CCITT）および郵政省資料から推定

これらの標準化機関での活動に対して、「標準化までに時間がかかる」「市場ニーズに十分にこたえることができない」といった意見も出ています。

そこで、標準化の対象を限定して民間企業が集まったフォーラムやコンソーシアムと呼ばれるいわゆる業界内の集まりにおいても「事実上の標準(デファクト標準)」を決めています。

こうした団体には、ATMフォーラムやDAVICなどがあり、NTTもこれらの団体に積極的に参加しています。

グローバル化を目指す、国際合弁会社による「PHS」の普及

1995年(平成7年)7月、世界的にも画期的といわれるシステム、「簡易型携帯電話(PHS:Personal Handy phone System)」のサービスを開始しました。

PHSは携帯電話・自動車電話で培った移動通信技術の蓄積をベースに、端末用デバイス技術からシステム構成技術まで、総合的な研究開発を展開した成果です。

PHSの登場の背景には、次に挙げる画期的な技術の開発などがあります。

①ネットワーク:位置登録や追跡接続などのインテリジェントネットワーク(IN:Intelligent Network)技術によるPHS接続装置の開発

②基地局:自律分散制御技術による小型で簡易な無線基地局装置の開発

③端末:世界最小、最長時間使用可能な軽量端末の実現

④エリア設計:市街地における1.9GHz帯電波伝搬特性の解明や無線回線設計技術の確立、エリア設計の効率化などによる、エリア情報管理システムの実現。

開発の過程では、いくつかのキーテクノロジについて、㈳電信電話技術委員会などの国内標準化機関に提案を行うなど、PHSを標準方式に育てるための活動を行ってきました。この結果、1994年(平成6年)11月に、国内標準に採用されました。

また、このPHSをいち早くアジア諸国に普及させるため、NTT、ケーブル&ワイヤレス(イギリス)、伊藤忠商事、香港テレコムの4社で合弁会社「PHSインターナショナル」を設立しました。まもなく、香港とシンガポールが導入を決めるなど、「PHS」の国際展開への滑り出しは好調です。

PHSインターナショナルの調印式

こうした動きは、デファクト標準の獲得に照準を合わせているといえます。

PHSがアジア、オセアニア地域を中心に市場を拡大し、国際市場においてもデファクト標準となれば、ヨーロッパ方式とも呼ばれるDECT(Digital European Cordless Telecommunications)方式携帯電話や、アメリカのモトローラ社が推すTACS(Total Access Communication System)方式携帯電話といったライバルを制して、日本が独自開発した通信システムが国際標準化されることとなるため、その展開には大きな期待が寄せられています。

電電公社時代には、黒電話と黒電話を24時間、正確につなぐことが最大の使命でした。その当時は、到達すべき目標は常に欧米が示してくれており、その技術へのキャッチアップだけを考えていればよかったのです。しかし、21世紀も目前に迫ったいま、NTTにはその技術開発力で、日本の産業界や学術界を先導し、マルチメディア時代への推進役として世界の情報通信をリードする使命が与えられています。目標を自ら切り拓かなければならない先頭ランナーとして期待される責務の重さは、そのまま全社員の自負や誇りとなって、企業パワーの源となっています。

世界をリードするNTTのR&D活動

高度情報社会をリードし、
いま、マルチメディア社会の実現に向けて加速する研究開発

“ナショナルフラッグキャリア”としての使命と自負
基礎研究から実用化研究まで

『日本電信電話株式会社法』の第2条に、NTTの責務として、「(前略)電気通信技術に関する実用化研究及び基礎的研究の推進並びにその成果の普及を通じて我が国の電気通信の創意ある向上発展に寄与し、もつて公共の福祉の増進に資するよう努めなければならない」とあります。民営化されたとはいえ、研究開発を通じた社会への貢献は、いわばNTTの社会的責務であることに変わりありません。

電電公社時代から一貫して、情報通信分野を中心に、国家的ビッグプロジェクトへも積極的に取り組んできました。1970年代には、初の国産電子交換機(D10)や国産超大型コンピュータ(DIPS-1、DIPS-11/10)、半導体(64kbitDRAM)など、日本の高度成長の礎となった画期的技術を次々と開発しました。

1980年代以降は、ディジタル交換機(D70)や半導体加工技術(SORリソグラフィ)、通信衛星(CS-2、CS-3)、光ファイバによる超高速光伝送方式など、日本に高度情報化時代を招来した基幹技術を開発し、国家および産業界の発展に大きく寄与してきました。

また、世界をリードする先進的な研究として、結晶成長、暗号アルゴリズム、量子光学、超電導小型リングSOR、光ファイバ増幅器、光伝送技術、シリコン高分子、音声符号化技術を始め、情報通信にとどまらないさまざまな分野での研究開発も進めています。

そうした過程で「光ファイバ用母材連続製造法(VAD法:Vapor phase Axial Deposition法)」「ディジタルファクシミリの2次元逐次符号化方式」「超高速シリコンバイポーラ集積回路技術(SST:Super Self-aligned process Technology)」「多段量子化型高精度A/D・D/A変換回路技術(MASH:Multi-stAge noise SHaping)」など、日本だけではなく、世界的にも評価の高い発明をかずかず生み出しています。

さらに、まだ評価が定まっていないものの、将来的に役に立つ可能性のある純粋基礎研究にも力を注いでいます。特異なものでは「ラットの脳神経細胞の研究」があります。現在はまだSFの世界の話とされるバイオコンピュータへの足掛かりを探ろうという段階ですが、夢のある基礎研究です。

既に実用化されている技術の周辺で、派生的に開発された技術の用途の研究もあります。

研究成果の積極的な開示

競争の本格化により、マルチベンダ、マルチキャリア、マルチサービスプロバイダが入り乱れる現在、ネットワークのオープン化が情報通信市場の活性化にとって不可欠です。NTTでは研究成果を研究論文の形で発表するとともに、ネットワークの相互接続推進のために必要な技術を始めとするNTTの技術について、原則的にはいつでもライセンスしています。

また、ネットワークの技術開発計画やインタフェース条件などに対しても、外部から入手しやすいように情報閲覧の窓口を本社や支社などに設置しているほか、パソコン通信を用いて公開情報を提供しています。

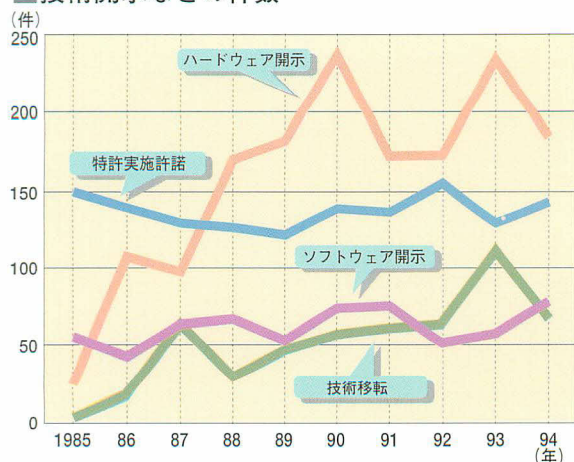
COLUMN

廃物利用による土質改良剤で環境対策

NTTでは通信ケーブルの管路工事により、年間200万トンもの排土を発生させています。そのほとんどが泥状土であり、埋戻土に再利用できないのが難点です。新工法により昔に比べて量は減ってきているものの、その廃棄や輸送などで、環境に与える影響は無視できません。一方、NTTは全家庭に配布する電話帳により年間17万トン、日本の紙使用総量の0.5%相当を消費しています。この再利用についても問題意識をもっていました。回収した電話帳をダンボールなどに再生しても回数に限界があるため、これまでは最後にはヘドロ状の製紙スラッジとして廃棄してきました。ところがこの製紙スラッジを活用してNTTが独自開発した新材料が、土質改良剤の材料として有効であることがわかり、実用化されたのです。さらに、製紙スラッジを焼却した灰を特殊な条件下で加熱処理してできる新材料が、高機能な油吸着材として活用できることも発見。環境対策技術でも次々と成果を上げています。

■技術開示などの件数

■委託研究・共同研究の状況(1995年度)

研究別＼相手先	国内大学	国内公立研究機関	外国大学	国内企業	外国企業	計
委託研究	45	1	8	―	―	54
共同研究	22	9	4	5	1	41

また、定期的な研究所の施設公開や研究開発セミナー、他の電気通信事業者を対象とした情報公開セミナーなどを実施し、研究成果の最新トピックスなどをお知らせしています。

研究開発成果の開示方法には、①ハードウェア開示：研究開発成果が含まれるハードウェア(製品)を、共同開発メーカがNTT以外の第三者に販売する際の「販売権の許諾」②ソフトウェア開示：NTTが所有するソフトウェアを他社へ開示する際の「使用権・複製権・改変権・販売権等の許諾」③技術移転：技術ノウハウを他社へ提供する際の「技術ノウハウの使用許諾」④特許実施許諾：NTTが所有する特許を他社へ実施許諾する際の「実施権の許諾」、の4種類があります。

このように研究成果を普及させることによって、NTTの知的財産が情報通信業界で共有化されると、オープンなネットワークが効率的に構築でき、サービス、製品などの市場の活性化が図られると考えています。

“新しい芽”をみつける共同研究

基礎的な研究を始めとして外部機関と連携して行う共同研究も盛んです。共同研究には2つのタイプがあります。外部研究機関にテーマを提示して研究を任せる「委託研究」と、外部研究機関とNTTとがお互いに研究者を出し合い、文字通り共同で進める「共同研究」です。これらの研究では、可能性のあるテーマを芽の段階から育て、実用技術へと結実させることが目標です。お互いの得意分野の技術を提供し合うことで、効率的で、しかも経済的に研究を進めようという目的で実施されています。

1995年(平成7年)度は、委託・共同研究合わせて95件を実施しています。

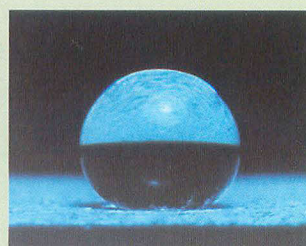
こうした研究形態は、人的な交流にもメリットがあります。大学や研究機関との共同研究に参加することでNTTの研究者が新鮮な刺激を受け、また、他機関へはNTTの研究者を派遣することで日本全体の研究開発の推進に貢献しています。

人的交流が大きな実を結んだ例に、チリ大学とのB-ISDNの共同研究が挙げられます。これはかつてNTTの研究所に所属していたチリ大学出身のポストドクトラル(*1)が、帰国後もNTTと交流を保っていたことから始まったものです。現在ではチリ共和国内でのネットワークとアプリケーションの実験を行うなど、一国の通信インフラストラクチャ構築に貢献する研究成果を上げています。

*1 ポストドクトラル：博士号取得後も研究所に1～2年程度滞在して研究を行う研究者。

COLUMN

広範囲への応用が期待される「超撥水性材料」

1994年(平成6年)6月に、NTTは「超撥水性材料」を開発しました。これは、飛騨山中(岐阜県)の無線中継所アンテナに、着雪による回線トラブルが多発していたことがきっかけとなって、雪のつかない塗料の開発を進めた結果、生まれたもの。ほかの物質とくっつこうとする表面張力が弱いフッ素化合物を微粒子にして塗料のなかに均一に混ぜる工夫をし、従来に比べて飛躍的に撥水性の高い塗料の開発に成功しました。この微粒子は液体にも固体にも混ぜることができるため、塗料または素材として、その性能を発揮します。さらに、人体には無害で環境汚染の心配もありません。“屋根に塗布すれば雪が滑り落ちやすくなる”“船舶に使えば水の摩擦が減少して速度や燃費が向上するほか貝の付着が低減する”“競泳用水着やスキー板に使えば記録アップが図れる”など、撥水性や耐腐食性が必要なあらゆる用途への応用が期待されています。

超撥水性材料が水をはじく様子

NTTの10年
1985→1995
サービス・技術編

1996年7月発行

発　行　日本電信電話株式会社 社史編纂委員会

編　集　NTTラーニングシステムズ株式会社
〒106 東京都港区南麻布1-6-18
TEL 03-5440-2788

印　刷　大日本印刷株式会社
〒162 東京都新宿区榎町7

森林資源保護のため、再生紙を使用しております。